

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

**Кафедра технічної кібернетики**

«На правах рукопису»  
УДК 004.4

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ігор ПАРХОМЕЙ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Інформаційне забезпечення  
робототехнічних систем»**

**зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»**

**на тему: «Удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного  
сигналу робота»**

Виконав:

студент II курсу, групи ІК-91мп  
Боговіс Антон Віталійович \_\_\_\_\_

Керівник:

професор, д.т.н., професор  
Пархомей Ігор Ростиславович \_\_\_\_\_

Консультант з нормоконтролю:

доцент, к.т.н., доц.,  
Пасько Віктор Петрович \_\_\_\_\_

Рецензент:

професор кафедри радіофізики і електроніки  
КНУ ім.Т.Г.Шевченко, д.т.н., професор  
Дружинін Володимир Анатолійович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**

**Кафедра технічної кібернетики**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Ігор ПАРХОМЕЙ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

**Боговісу Антону Віталійовичу**

1. Тема дисертації «Удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота», науковий керівник дисертації Пархомей Ігор Ростислаович, професор, д.т.н., затверджені наказом по університету від « 26 » жовтня 2020р. № 3132-с
2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_
3. Об'єкт дослідження – сенсорна система робота
4. Предмет дослідження – алгоритм стабілізації зображення
5. Перелік завдань, які потрібно розробити – аналіз ефективності системи компенсації флуктуації вхідного сигналу робота; розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності системи компенсації вхідного сигналу робота; оцінка ефективності розробленої системи компенсації вхідного сигналу робота; оцінка показників ефективності розробленої системи; пропозиції щодо технічної реалізації системи компенсації вхідного сигналу робота на новій елементній базі
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу – шість плакатів
7. Орієнтовний перелік публікацій
8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перевірка на співпадіння	доцент Лісовиченко О.І.		
Нормоконтроль	доцент Пасько В.П.		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз ефективності компенсації флуктуацій		
2	Розробка рекомендації щодо підвищення ефективності компенсації флуктуацій		
3	Розробка структури системи компенсації флуктуацій робота		
4	Розробка алгоритмів функціонування системи флуктуації робота		
5	Оцінка ефективності розробленої системи компенсації флуктуацій робота		
6	Моделювання процесу функціонування розробленої системи компенсації флуктуацій робота		
7	Маркетинговий аналіз стартап-проекту		
8	Висновки		
9	Попередній захист		
10	Нормоконтроль		
11	Перевірка на співпадіння		
12	Захист		

Студент

Антон БОГОВІС

Науковий керівник

Ігор ПАРХОМЕЙ

## АНОТАЦІЯ

В роботі розглянуто проблему компенсації руху камери в роботизованих системах. Все більше роботизованих систем, від роботів захватів до автомобілів з автопілотом, використовують зображення як вхідний сигнал для власного керування.

Проаналізовано основні особливості існуючих методів оптичної і цифрової стабілізації зображення у сучасних камерах та розглянуто можливість та доцільність використання цих систем у роботах.

Розроблено систему яка використовує дані з акселерометрів для цифрової компенсації зображення. Такий підхід значно спрощує та пришвидшує процес компенсації флуктуацій зображення і не вимагає наявності механічної або оптичної стабілізації лінзи камери.

Ключові слова: система керування, стабілізація зображення, фільтрація сигналу.

Розмір пояснювальної записки – 81 аркуш, містить 43 ілюстрацій, 25 таблиць та 6 додатків.

## ABSTRACT

The problem of camera motion compensation in robotic systems is considered in the work. More and more robotic systems, from capture robots to autopilot cars, use images as input for their own control.

The main features of the existing methods of optical and digital image stabilization in modern cameras are analyzed and the possibility of using these systems in robotic systems are considered.

A system has been developed that uses accelerometer data for digital image compensation. This approach greatly simplifies and speeds up the process of compensating for image fluctuations and does not require mechanical or optical stabilization of the camera lens.

Keywords: control system, image stabilization, signal filtering.

The size of the explanatory note is 81 sheets, contains 43 illustrations, 25 tables and 6 appendices.

**Пояснювальна записка**  
**до магістерської дисертації**

на тему: *Удосконалення системи компенсації флуктуацій  
вхідного сигналу робота*

Київ – 2020 року

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1. .... АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ ФЛУКТУАЦІЇ ВХІДНОГО СИГНАЛУ РОБОТА .....	10
1.1 Принципи побудови системи компенсації флуктуації сигналу .....	10
1.2 Аналіз існуючих методів компенсації флуктуацій вхідного сигналу ....	15
1.2.1 Оптична стабілізація зображення .....	15
1.2.2 Електромеханічна стабілізація зображення .....	17
1.2.3 Цифрова стабілізація зображення .....	19
1.3 Можливі шляхи удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота .....	23
Висновки до розділу .....	25
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ ФЛУКТУАЦІЙ ВХІДНОГО СИГНАЛУ РОБОТА .....	27
2.1 Розробка структури системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу 27	
2.2 Розробка алгоритмів функціонування системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу .....	32
Висновки до розділу .....	40
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИНТЕЗОВАНОЇ СИСТЕМИ .....	41
3.1 Моделювання процесу функціонування синтезованої системи .....	41
3.2 Оцінка ефективності синтезованої системи .....	49
3.3 Рекомендації щодо технічної реалізації системи на новітній елементній базі .....	57

Висновки до розділу. ....	60
РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЄКТУ .....	61
4.1 Опис ідеї проекту .....	61
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту .....	63
4.1. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	64
4.3 Розроблення ринкової стратегії проекту .....	71
4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту .....	74
Висновки по розділу .....	76
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ.....	9



## ВСТУП

Сьогодні, в епоху сучасних інформаційних технологій, роботи все частіше використовують камери і обробку зображень для керування. Такі роботи полонили багато сфер нашого життя. Це можуть бути автономні автомобілі, які використовують зображення камер для розпізнавання дорожніх знаків, пішоходів, перешкод, тощо або промисловий робот захват, який за допомогою камери визначає положення об'єкта.

Зі збільшенням попиту на такі роботи ростуть і вимоги до них, так само як і вимоги до систем захвату зображень які вони використовують. Хоча галузь фото і відео апаратури просунулась дуже далеко, сучасні фото і відео системи не можуть задовільнити потреби для захвату і обробки інформації у реальному часі.

Зазвичай роботи працюють в середовищах зі збільшеною ймовірністю небажаного зовнішнього впливу. В таких ситуаціях необхідно забезпечити надійну роботу систем захвату зображень. Хоча існують системи стабілізації зображень, вони не завжди можуть бути застосовані в контексті роботів через або замалу швидкодію, або механічну громіздкість.

Розробка спеціалізованих механічних систем компенсації можлива, проте вимагає значного часу і нової технологічної бази. Створення універсальної системи компенсації флуктуацій зображення камери, яка може бути приєднана до вже існуючих систем може дати поштовх галузі і відкрити нові можливості автоматизованих систем управління.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ ФЛУКТУАЦІЇ ВХІДНОГО СИГНАЛУ РОБОТА

### 1.1 Принципи побудови системи компенсації флуктуації сигналу

Сигнали автоматичних системи керування роботом постійно перебувають під дією різних сторонніх небажаних завад і флуктуацій. Це заважає коректній обробці сигналу керуючими ланками автоматичних систем. Флуктуація або флюктуація визначається як випадкове відхилення якоїсь величини (наприклад фізичної, біологічної, соціально-економічної та багатьох інших) від її середнього значення. Флуктуації вхідних сигналів цих систем може негативно впливати на їх роботу. Наприклад, невеликі флуктуації певної частоти можуть бути підсилені системою керування і вся система вийде зі стану рівноваги.

Флуктуації можуть з'являтися як і через дію зовнішніх впливів на систему, так і через динамічні помилки власне системи керування. До зовнішніх впливів слід віднести будь які впливи зовнішнього середовища: зміни температури, електромагнітні завади тощо. Внутрішні впливи можуть виникати якщо ступінь затухань перехідного процесу низький і виникають коливання в допустимих межах точності роботи системи. Для підвищення стабільності роботи існують системи компенсації флуктуацій сигналу.

Роботизовані системи можуть працювати з різними форми вхідних (керуючих) сигналів. Це можуть бути цифрові і аналогові сигнали які формуються різними системами для керування роботом. Для кожного виду сигналу застосовуються відповідні системи компенсації флуктуацій.

Для аналогових електричних сигналів застосовуються електричні фільтри що можуть бути реалізовані на різноманітних пасивних, активних та реактивних радіокомпонентах. На рис.1.1 та рис.1.2 показана схема та АЧХ такого фільтра.

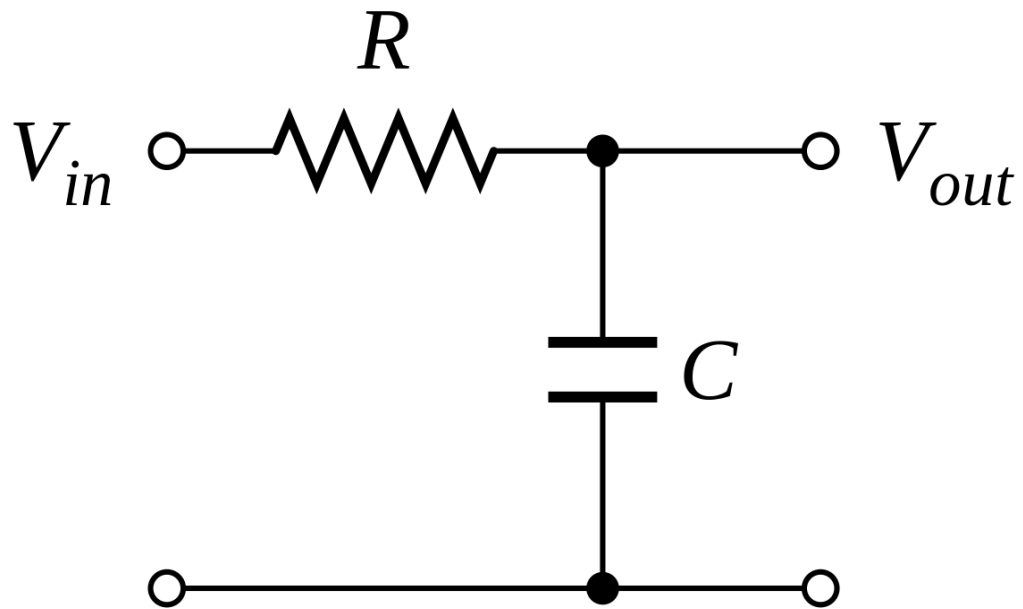


Рисунок 1.1 – Аналоговий ФНЧ

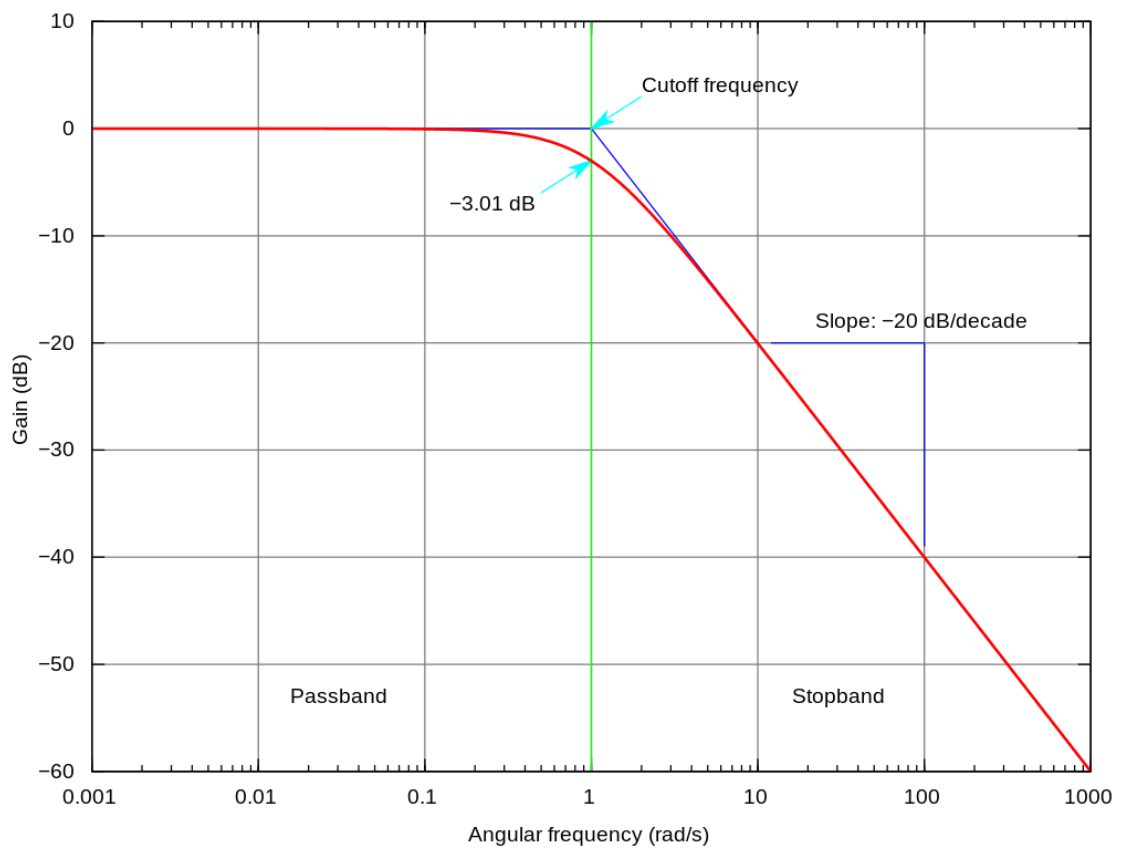


Рисунок 1.2 – АЧХ аналогового ФНЧ

Оскільки флуктуації зазвичай являють собою високочастотну заваду, низько частотні фільтри справляються з задачею фільтрування.

Керуючі цифрові сигнали передаються як дискретизовані і закодовані значення реальних, колись аналогових, величин. Кодування сигналу значною мірою збільшує завадостійкість до завад які впливають на канали передачі сигналу, проте це не захищає від впливів на інші ланки системи керування робота. Для компенсації флуктуацій цифрових сигналів використовують цифрові фільтри які фільтрують сигнал безпосередньо перед входом системи керування.

Також, в даний час, набуває більш поширеного розповсюдження використання зображень камери, як вхідного керуючого сигналу робота. Такі системи як автопілот в автомобілі, безпілотні літальні апарати, роботи-плейсери, роботизовані захвати тощо, потребують відеозображення в реальному часі для можливості роботи. Тут флуктуаціями сигналу можна назвати тремтіння камери і в результаті тремтіння зображення, що в подальшому будуть використовуватись як інформація для визначення керуючих сигналів робота. Звичайні способи фільтрації таких сигналів не підходять для фільтрації зображень. Для таких систем потрібні дещо інші системи компенсації флуктуацій.

Компенсація флуктуацій може відбуватись як за допомогою механічних систем (системи оптичної стабілізації), за допомогою цифрових (цифрова обробка зображень), та комбінація обох систем.

Оптична стабілізація зображення (англ. optical image stabilizer), яка часто зустрічається в аббревіатурах OIS, IS, або OS — це механізм, який використовується у камерах для стабілізації записуваного зображення за допомогою регулювання оптичного шляху до світлочутливої матриці. Такий механізм вбудовується або в сам об'єктив (рис. 1.3), або в корпус камери, де

рухомою робиться сама матриця (рис.1.4), як фінальний елемент оптичного шляху. Ключовою особливістю будь-яких систем оптичної стабілізації є те, що вони стабілізують зображення, спроектоване на матрицю, ще до того, як матриця перетворить його на цифровий сигнал.

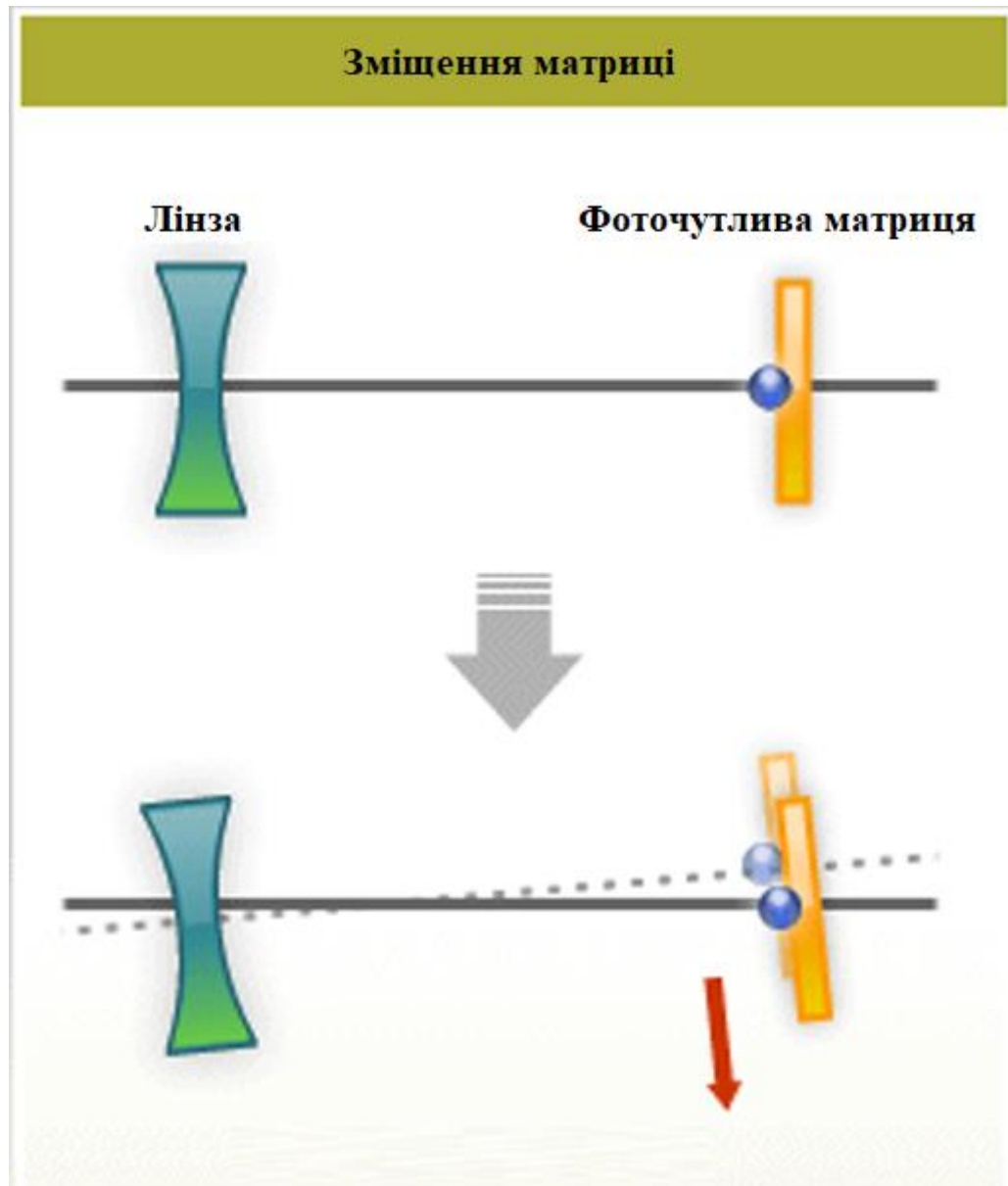


Рисунок 1.3 – Приклад компенсації зображення за допомогою зміщення матриці

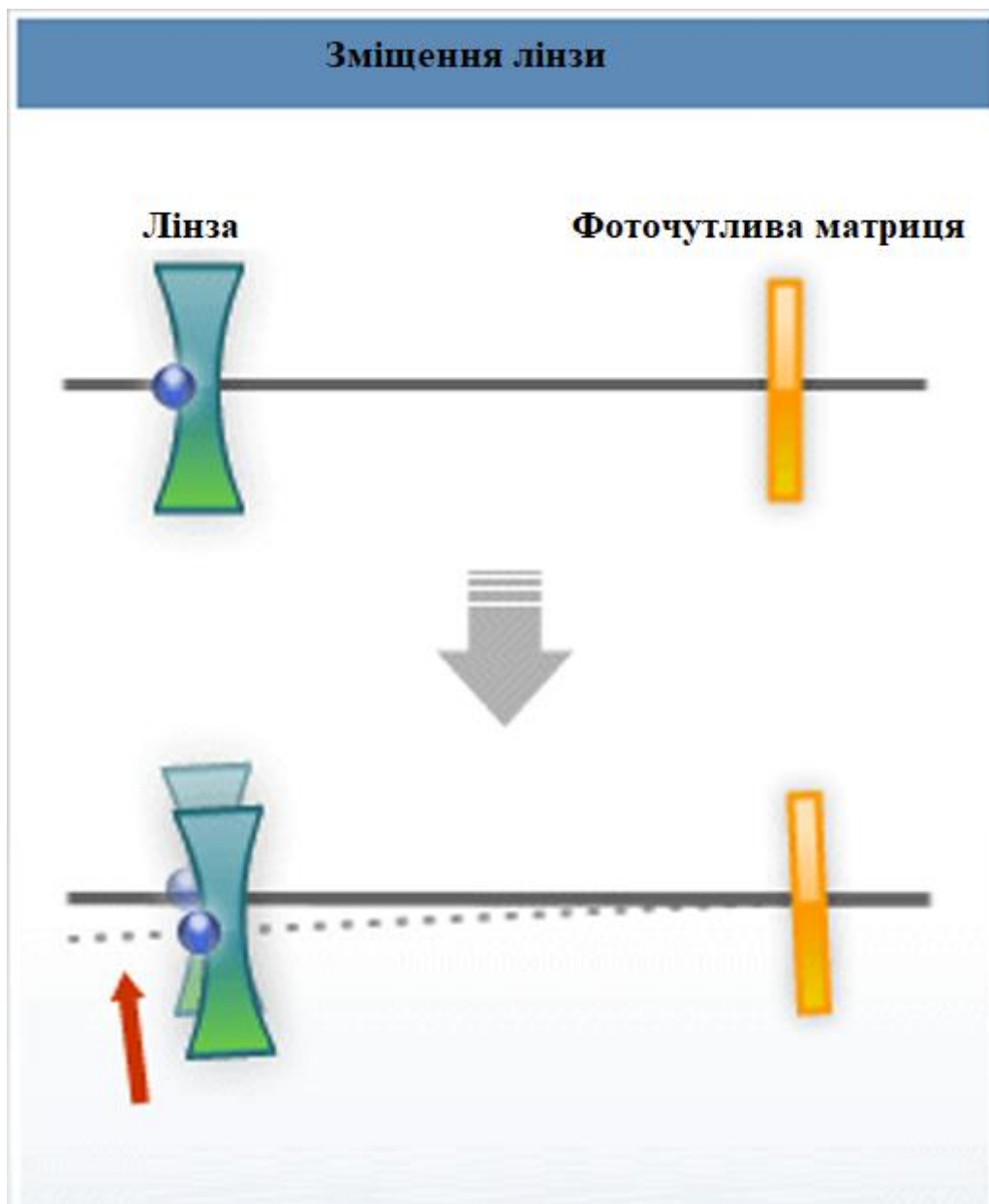


Рисунок 1.4 – Приклад компенсації зображення за допомогою зміщення лінзи

Цифрові системи стабілізації зображень фільтрують зображення безпосередньо перед входом системи керування. Хоча такі системи є досить ефективними, вони потребують певних обчислювальних потужностей.

## 1.2 Аналіз існуючих методів компенсації флуктуацій вхідного сигналу

Розглянемо існуючі методи стабілізації зображень в цифрових камерах, та визначемо можливість застосування цих методів в сценаріях роботи з камерами зображення яких використовуються як вхідний сигнал робота.

### 1.2.1 Оптична стабілізація зображення

Оптична стабілізація зображення може використовуватись як у фото, так і у відео камерах. Щоб компенсувати вібрації при роботі камери, наприклад, тремтіння рук система, яку іноді називають оптоелектронною стабілізацією зображення, використовує оптичний шлях. Рухома група лінз або призма з рухомою поверхнею зміщують оптичний шлях щоб уникнути розмиття. Рух коригуючого елемента перпендикулярний оптичній осі в протилежному напрямку вібрації камери.

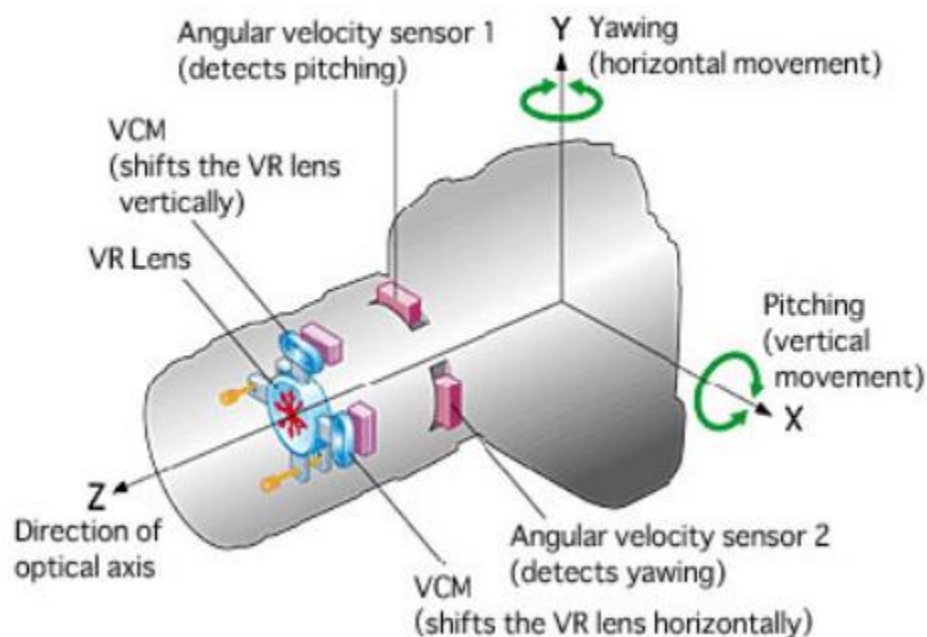


Рисунок 1.5 – Структура системи компенсації у фотоапараті

Вбудований в об'єктив оптичний стабілізатор зображення (OIS) виявляє тремтіння камери за допомогою двох датчиків кутової швидкості – один для

осі на нахилу та другий для осі повороту. Той самий метод виявлення тремтіння камери використовується в електромеханічній стабілізації.

Мікропроцесор обчислює суму корекцій та напрямок флуктуації і відправляє його в систему управління. Крім того, блок управління отримує дані про положення рухомої лінзи, виміряні сенсорними елементами. Система управління генерує параметри руху об'єктива з цих даних і приводить в рух двигун із звуковою котушкою (VCM), п'єзoeлемент або інший привід, який використовується для переміщення елемента корекції (рис. 1.6).

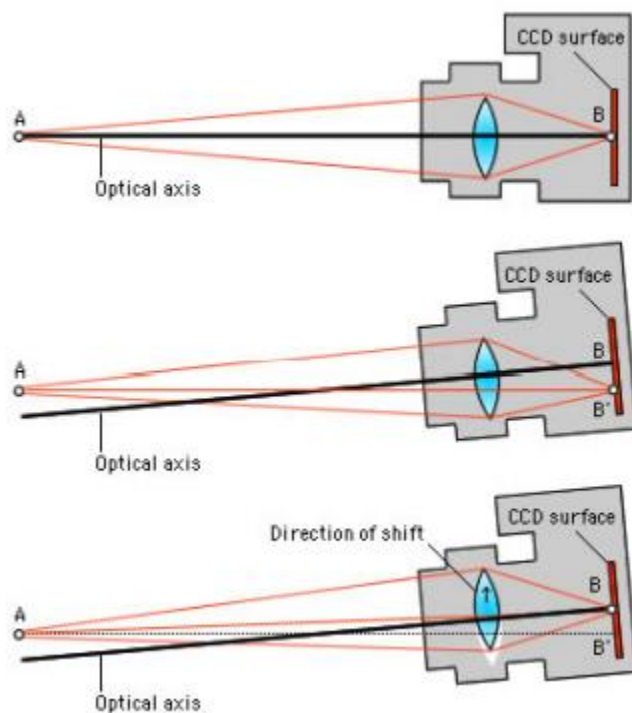


Рисунок 1.6 – Зміщення лінзи для компенсації зображення

Також в якості коригуючого елемента може використовуватись рідка призма. Вона складається з двох лінз, з'єднаних гнучкими силфонами, і наповнена рідиною з високим коефіцієнтом заломлення. При переміщенні елементів кут між ними змінюється, коригуючи світловий шлях. Система варіаційно-кутової призми Canon для біноклів, відеокамери високого класу та



кінокамери більша та дорожча за систему зміщення об'єктива, але вона здатна компенсувати флуктуації більшої амплітуди. З іншого боку, ця система породжує хроматичні аберації від центру зображення до кордонів при стабілізації.

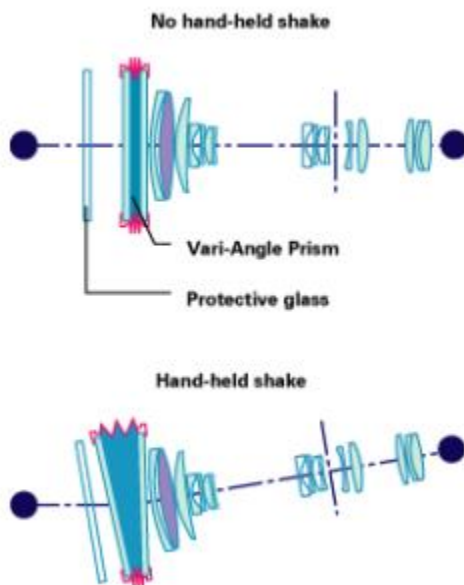


Рисунок 1.7 – Принцип роботи “рідкої” призми

### 1.2.2 Електромеханічна стабілізація зображення

Система електромеханічної стабілізації зображення (EMIS або Технологія корекції зсуву ПЗС) була вперше представлена компанією Konica Minolta. Дотепер ця система застосовувалась лише у фотокамерах, але також можлива, інтеграція його у відеокамеру. Особливістю цієї системи є рух фоточутливої матриці для компенсації флуктуацій. На відміну від оптичних стабілізаторів електромеханічна стабілізація не має обмежень на використання будь-яких лінз. Опишемо цю систему стабілізації.

Флуктуації вимірюються за допомогою двох гіроскопічних датчиків. Ця техніка також використовується в системах оптичної стабілізації. EMIS доповнюється пристроєм визначення положення (PSD) - магнітним датчиком який використовує ефекту Холла, що визначає положення фоточутливої

матриці. Сигнал від цього датчика необхідний для управління механізмом зсуву матриці. Виходи всіх трьох датчиків обробляються мікроконтролером при корекції флуктуацій та обчислюється необхідна сума корекції відносно поточного положення матриці.

Механізм приводу плавного удару (SIMD) це невід'ємна частина блоку компенсації флуктуацій. Система отримує інформацію про корекцію і переміщує матрицю в розраховане положення. SIMD складається з двох лінійних п'єзоелектричних виконавчих пристроїв, по одному на кожну вісь. Перевагою п'єзоелектричного приводу є його невеликі розміри і швидкодія. Подання напруги змушує його розширюватися, без напруги він дуже швидко стискається. Для досягнення руху в протилежному напрямку, знак сигналу напруги зворотній. Загальний хід п'єзоелемента фізично обмежений кількома мікрометрами. Для досягнення необхідного зміщення матриці застосовуються механічні підсилювачі, такі як важелі. Ця система використовує систему що зображена нижче.

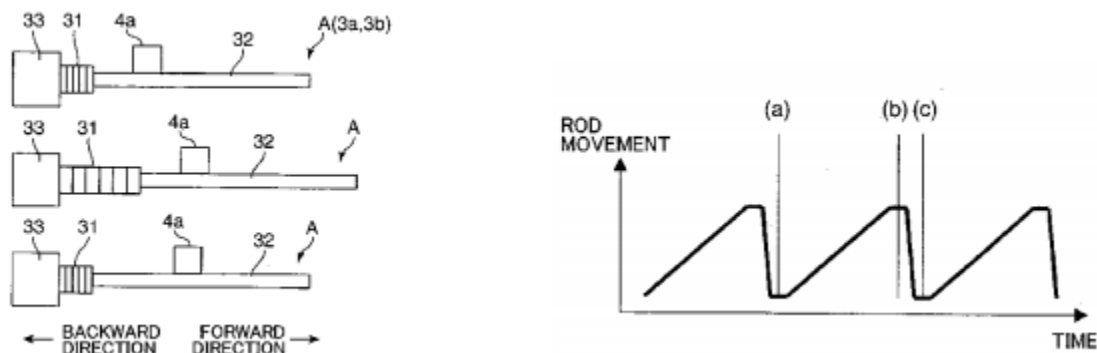


Рисунок 1.8 – Схема рухливого елемента системи компенсації  
зображення

П'єзоелектричний масив, що складається з багатьох одиничних актуаторів (Рис. 1.8, → 31) кріпиться до штока (рис. 1.8, → 32) за допомогою рухомого повзунка (рис. 1.8, → 4a) на ньому. Цей повзунок являє собою рамку,

що містить фоточутливу матрицю. Спочатку п'єзопристрій поступово розширюється на помірній швидкості, переміщуючи повзунок через його тертя. Коли п'єзоактуатор швидко скорочується, слизький рух повзуна на штоку не дає йому повернутися в початкове положення. Таким чином повзунок переміщено вперед із початкового положення і п'єзоактуатор може знову розширитися.

### 1.2.3 Цифрова стабілізація зображення

Цей вид стабілізації може бути реалізований лише в пристроях з цифровими матрицями, такими як CCD або CMOS. Цифрова стабілізація зображення (EIS) не використовує оптичний шлях для компенсації флуктуації що впливають на різкість зображення. Замість того, щоб коригувати зображення на шляху до датчика, цей тип стабілізації використовує програмні алгоритми та більшу площину зображення датчика для обробки зображень після їх захоплення. Перетворення відбувається після захоплення зображення і до запису даних зображення на носій.

Використання електронної обробки сигналів призводить до низьких виробничих витрат і невеликих розмірів стабілізуючої системи. Однак такий тип стабілізуючих систем в основному реалізований в відеокамерах, оскільки вони в основному використовують послідовності зображень, а не нерухомі зображення, що виробляється більшістю фотокамер.

Флуктуації можна розпізнати, коли вони фіксується на матриці. У цьому випадку деякі відмінні ділянки зображення відстежуються в послідовності з декількох кадрів. Різниця між положеннями цих областей можна трактувати як тремтіння. Недоліком такого виявлення є те, що великі рухомі об'єкти на сцені можна хибно інтерпретувати як рух.

Електронну стабілізацію можна реалізувати способом “панорамування та сканування” над зображенням та переміщення зображень до належного

місця, згідно інформації про переміщення з ряду рамки. Цей процес продемонстровано на рис. 1.9.



Рисунок 1.9 – Приклад цифрової стабілізації зображення

Для переміщення одинарних кадрів необхідно мати місце. Це може бути досягнуто за допомогою цифрового збільшення або за допомогою збільшеної матриці (рис. 1.10). У цьому випадку зображення, сфокусоване на площині датчика менше, ніж сам датчик. Зображення «пливе» по матриці, коли камера тремтить. Система відцифровує весь датчик, включаючи краї матриці. Завдяки цій області сигнал обробки може здійснювати цифровий компенсаційний зсув даних захопленого зображення.

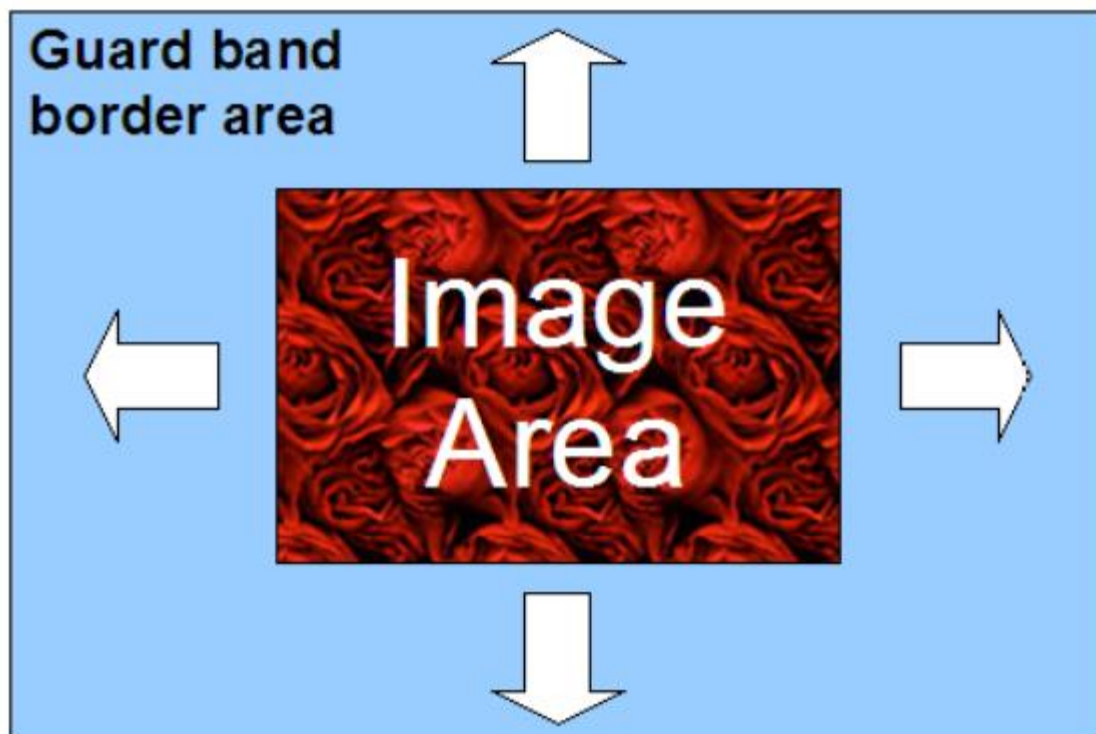


Рисунок 1.10 – Захисна зона цифрової стабілізації зображення

Обидва методи цифрової фільтрації мають свої недоліки: цифрове збільшення зображення обрізає краї зображення, що призводить до втрати візуальної інформації і знижує якість, тоді як матриці більших розмірів зазвичай дорожчі. У випадку датчиків з більшою площею поверхні, рівень стабілізації зображення обмежується передбаченим полем

Цифрова стабілізація зображення може бути інтегрована у знімальний пристрій, але також можливе використання зовнішніх модулів для стабілізації зображень. Рис 1.11 приклад використання зовнішнього модуля цифрової стабілізації зображення у телевізійній зйомці.

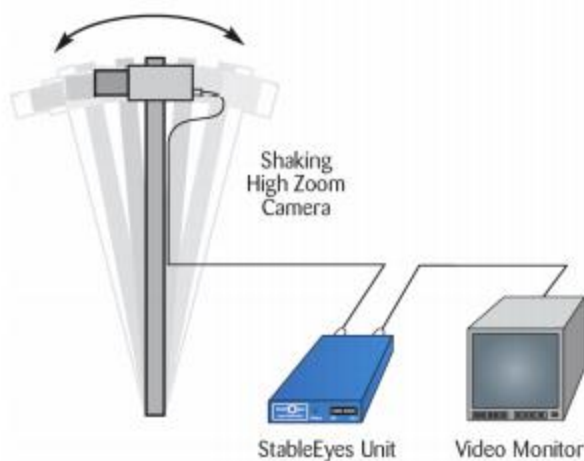


Рисунок 1.11 – Зовнішній пристрій стабілізації зображення

Хоча зовнішня цифрова стабілізація, очевидно, може використовувати лише метод цифрового збільшення деякі виробники цифрових фотокамер також використовують переваги цифрової стабілізації. Samsung винайшла систему під назвою ASR (Advanced Shake Reduction) для цифрових фотокамер. Для стабілізації робиться два послідовні знімки – один розмитий знімок зі збільшеною витримкою, для того щоб отримати інформацію про колір та яскравість сцени, а також більш темний знімок, використовуючи коротший час експозиції для отримання більш різкого зображення. Потім ці два зображення обробляються програмним забезпеченням камери для реконструкції одного зображення без розмиття з їх даних.

Деякі виробники посиляються на електронну стабілізацію зображення камери (наприклад, Anti-Blur від Fujі), які можуть придушити як розмиття руху спричинене флуктуаціями та рухомими предметами на сцені. Підставою цих оманливих тверджень є посилення зображення сигнал, досягнутий за рахунок збільшення швидкості ISO. Ефектом є скорочення часу витримки, що робить вплив флуктуацій майже непомітним. Більш коротка витримка також "заморожує" рух об'єктів сцени. Власне кажучи, ця техніка не може називатися

стабілізацією зображення. Це лише маркетинговий хід, який призначений дати нову назву старій техніці завдяки тенденції стабілізатора. Крім того, цей метод може впливати на вміст зображення відповідно до узгодженості витримки, діафрагми та глибини поле. Втрата роздільної здатності та посилення шуму це ще кілька наслідків високої швидкості ISO.

### 1.3 Можливі шляхи удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота

Розглянемо алгоритми роботи системи управління роботом який використовує для свого управління зображення з камер (рис. 1.12).

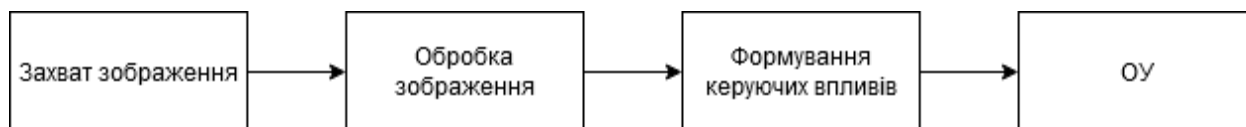


Рисунок 1.12 – Алгоритми роботи системи управління роботом який використовує для свого управління зображення з камер

Такі роботичні системи можуть використовуватись для досить різних цілей:

- для орієнтації у просторі (навігація, оминання перешкод тощо),
- для пошуку об'єктів або їх меж (роботичні захвати, pick and place станки)

Для кожною цілі існують різні вимоги до отриманих зображень. Для грубої навігації системі не потрібне та точне та дуже чітке зображення. Флуктуації при захваті зображення не будуть впливати на точність роботи системи керування. Якщо ж, наприклад, камера встановлена безпосередньо перед об'єктом, а зображення з камери використовується для його пошуку та

захвату або для визначення місця встановлення об'єкта (наприклад місце встановлення `smc` компонента), то тут флуктуації і небажані вібрації камери можуть призвести до зниження ефективності роботи або взагалі, до некоректної роботи системи керування.

Також небажані флуктуації камери можуть призвести до такої ситуації. Після захоплення зображення до отримання його у відцифрованому вигляді проходить певний ( $\sim 10\text{мс}$ ) час. За цей час при активній заваді реальне зображення яке слід було б використовувати для керування зміщується, що додає помилку до роботи системи. Компенсація цієї помилки може призвести до покращення роботи такої системи.

Зазвичай камери в таких системах досить прості. Можливим рішенням цієї проблеми могло б бути використання методів стабілізації зображення описаних вище. Використання оптичної стабілізації дуже важко уявити в умовах обмеженого простору системи особливо коли камера має бути безпосередньо біля місця роботи робота. Використання електромеханічної стабілізації недоцільно з тих сам причин.

З вище описаних методів залишається цифрова стабілізація. Її використання можливе, проте потребує досить великих обчислювальних потужностей, а також додає затримку що негативно вплине на швидкодію системи. Ще цифрова стабілізація не може забезпечити стабілізацію одного зображення, що накладає додаткові обмеження на систему.

Проте використання поєднання методів електромеханічної та цифрової стабілізації може бути використаним для вирішення цієї задачі. За допомогою інформації датчиків прискорення або зміни кута (акселерометрів, гіроскопів) можна фіксувати переміщення камери у просторі та корегувати зображення за допомогою інформації з цих датчиків.



Обробка інформації з акселерометрів та гіроскопів є не дуже складною обчислювальною задачею так само як і подальше зміщення зображення. Такий підхід дозволить швидко компенсувати зміщення зображення після його отримання.

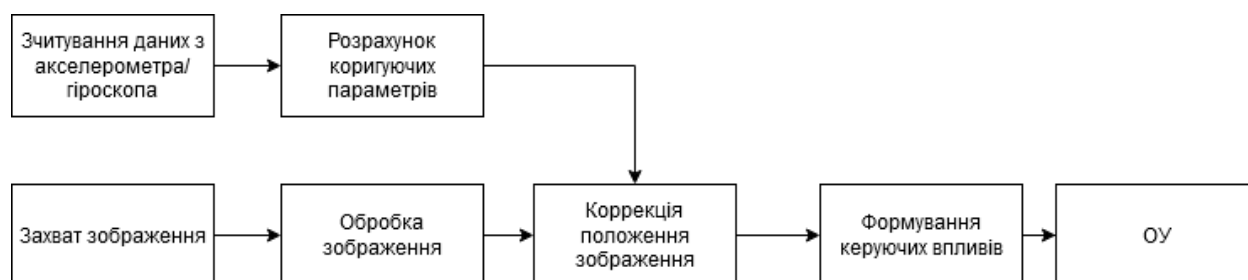


Рисунок 1.13 – Алгоритми роботи системи управління роботом з елементом компенсації

На рис. 1.13 продемонстрований можливий варіант удосконалення алгоритму з компенсацією завад.

Слід зазначити що такий спосіб стабілізації може бути застосований лише для сценаріїв коли відома відстань до того що фіксує камера. Без інформації про відстань до об'єкта неможливо визначити величини необхідного зміщення отриманого зображення. Оскільки ми компенсуємо зображення яке зроблене безпосередньо перед об'єктом відстань можна вважати завжди приблизно однаковою і застосування такого методу є виправданим.

#### Висновки до розділу

В цьому розділі розглянуто використання зображень як можливого вхідного сигналу робота, а також актуальність використання таких роботів.

Розглянуто методи стабілізації зображення, зокрема, оптичну, електромеханічну та цифрову та неможливість прямого застосування цих

методів для вирішення проблем пов'язані з флуктуаціями систем захвата зображення робота.

Сформовано мету дослідження:

- виокремити можливі шляхи удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу
- розробити структуру системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу
- розробити алгоритм функціонування системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу
- змодельовати процес функціонування синтезованої системи
- оцінити ефективність синтезованої системи
- розробити рекомендації щодо технічної реалізації синтезованої системи на новій елементній базі

## РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ ФЛУКТУАЦІЙ ВХІДНОГО СИГНАЛУ РОБОТА

### 2.1 Розробка структури системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу

За основу візьмемо структуру pick-and-place робота. Системи розміщення компонентів SMT (технологія поверхневого монтажу), або pick-and-place, це роботизовані машини, які використовуються для розміщення пристроїв поверхневого монтажу (SMD) на друкованій платі (PCB). Вони використовуються для високошвидкісного, високоточного розміщення широкого спектру електронних компонентів, таких як конденсатори, резистори, інтегральні схеми на друкованих платах, які в свою чергу використовуються в комп'ютерах, побутовій електроніці, а також у промисловому, медичному, автомобільному, військовому та телекомунікаційному обладнанні. Подібне обладнання існує для наскрізних отворів. Цей тип обладнання іноді також використовується для упаковки мікросхем методом фліп-чіпа (рис 2.1).

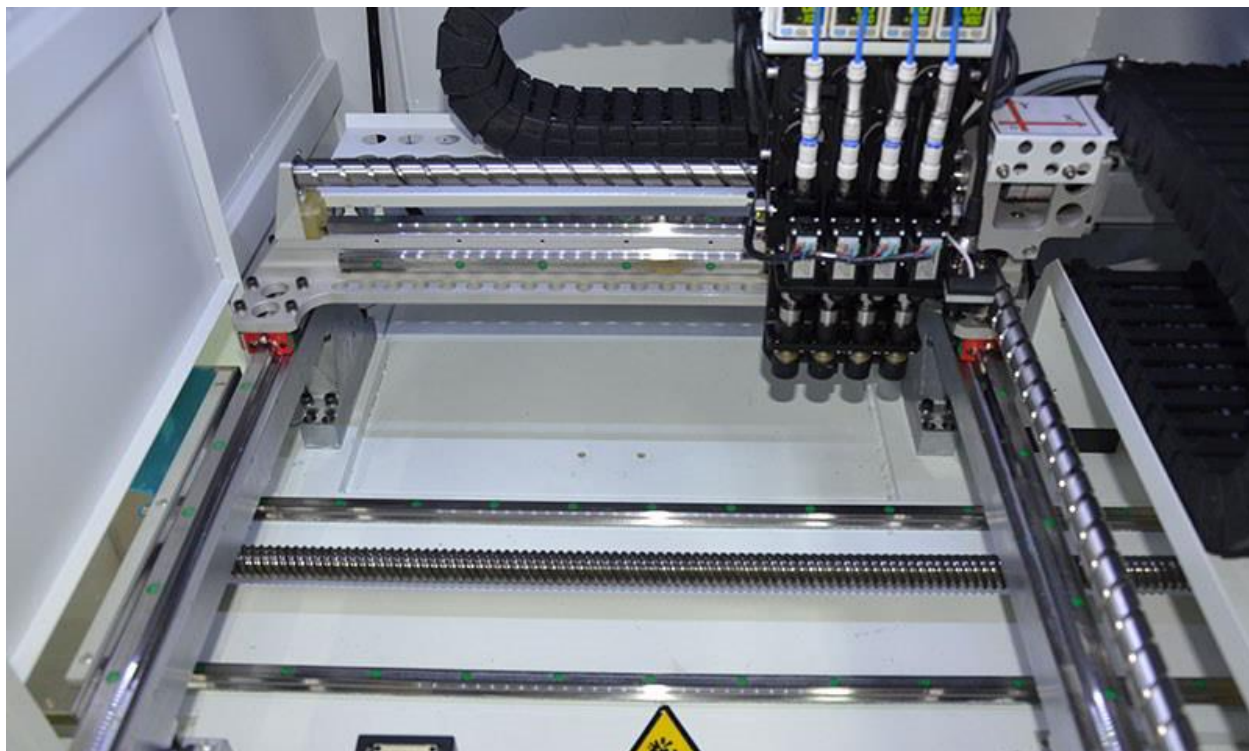


Рисунок 2.1 – Pick-and-place робот

Обладнання для розміщення є частиною більшої загальної машини, яка виконує певні запрограмовані кроки для створення збірки друкованих плат. Кілька підсистем працюють разом, щоб підібрати та правильно розмістити компоненти на друкованій платі. У цих системах зазвичай використовуються пневматичні присоски, прикріплені до пристрою, подібного до плоттера, що дозволяє точно управляти присосками у трьох вимірах. Крім того, кожен присоску можна обертати незалежно (рис 2.2).

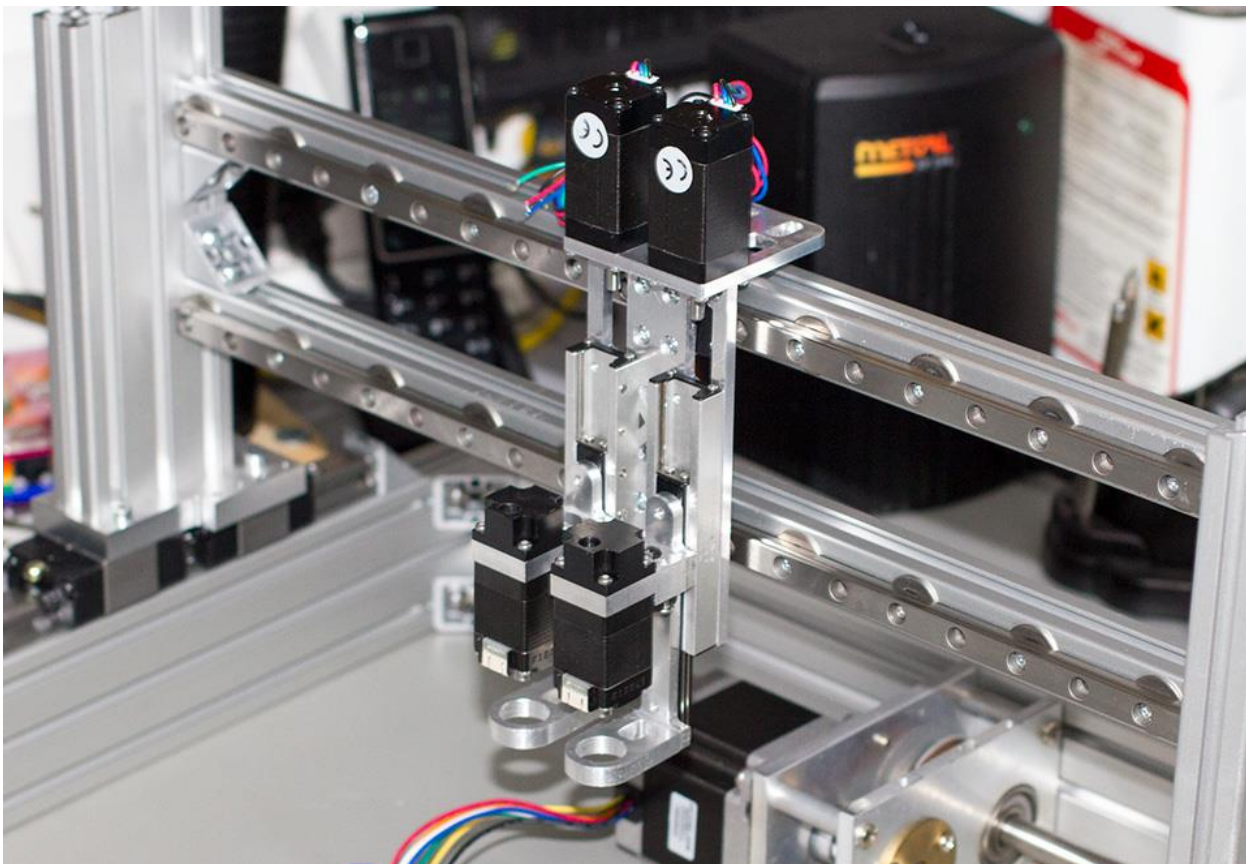


Рисунок 2.2 – Робоча голівка pick-and-place робота

### Фідери компонентів

Компоненти поверхневого кріплення розташовані вздовж передньої (а часто і задньої) грані машини. Більшість компонентів постачаються на паперовій або поліетиленовій стрічці у стрічкових котушках, які завантажуються на подачі, встановлені на машині. Більші інтегральні схеми іноді розташовані в лотках, які складаються в відсік. Частіше інтегральні схеми подаються на стрічках, а не на лотках чи паличках.

### Стрічковий конвеєр

Через середину машини проходить конвеєрна стрічка, вздовж якої рухаються порожні друковані плати, і затиск для друкованої плати в центрі машини. Друкована плата затискається, і сопла забирають окремі компоненти

зі стрічок або з лотків, обертають їх до правильної орієнтації, а потім з високою точністю розміщують на відповідних накладках на друкованій платі. Машини високого класу можуть мати кілька конвеєрів для одночасного виробництва декількох однакових або різних видів продукції.

#### Огляд

Деталь переноситься від фідрів деталей по обидва боки конвеєрної стрічки до друкованої плати, фотографується знизу. Його силует перевіряють, чи не пошкоджений він чи відсутній (не був підібраний), і неминучі помилки реєстрації під час вимірювання вимірюються та компенсуються при розміщенні деталі. Наприклад, якщо деталь була зміщена на 0,25 мм і повернута на  $10^\circ$  при підйомі, головка підбирача відрегулює положення розміщення, щоб розмістити деталь у правильному місці. Деякі машини мають ці оптичні системи на плечі робота і можуть проводити оптичні розрахунки, не втрачаючи часу, тим самим досягаючи більшої швидкодії. Високоякісні оптичні системи, встановлені на головках, також можуть бути використані для захоплення деталей нестандартних компонентів типу та збереження їх у базі даних для подальшого використання. На додаток до цього, в режимі реального часу доступне вдосконалене програмне забезпечення для моніторингу виробництва та взаємозв'язку бази даних - від виробничого рівня до ланцюжка поставок. ASM надає додаткову функцію для підвищення точності при одночасному розміщенні світлодіодних компонентів на високоякісному продукті, де встановлення світлодіода в оптичному центрі має критичне значення, а не в розрахунковому механічному центрі на основі свинцевої структури компонента. Спеціальна система камер вимірює як фізичний, так і оптичний центр і робить необхідні настройки перед розміщенням.

В цьому випадку саме сигнал камер встановлених на рухому голівку з присосками буде коригуватися системою (рис 2.3).

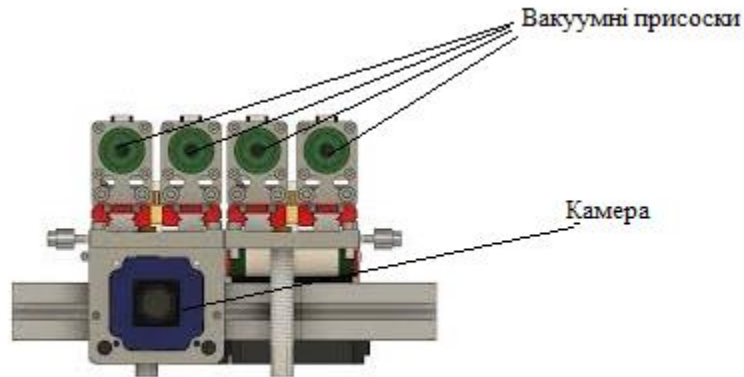


Рисунок 2.3 – Робоча голівка pick-and-place робота з камерою

Для того щоб компенсувати флуктуації сигналу камери необхідно щоб пристрій який буде здійснювати компенсацію знаходився безпосередньо біля камери, для того щоб збирати інформацію про завади що на неї впливають. Також цей пристрій повинен мати інформацію про те коли саме камера робить знімок, щоб фіксувати дію завад лише в необхідний період часу.

Отже структурна схема

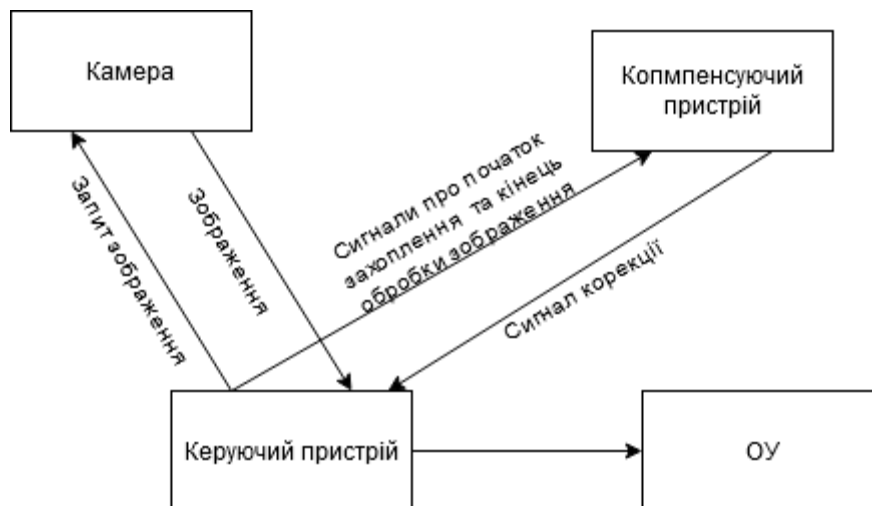


Рисунок 2.4 – Структурна схема системи з компенсуючим пристроєм

Зі структурної схеми видно що компенсуючий пристрій доданий до системи керування паралельно. Це дозволить досить легко модифікувати існуючі системи.

## 2.2 Розробка алгоритмів функціонування системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу

Виходячи з структурної схеми отриманої в попереднього розділу (рис. 2.4) компенсаційний пристрій має врахувати переміщення камери за час відцифровки зображення. Незалежним від іншої частини системи способом це зробити буде використання акселерометрів, що закріплені безпосередньо на тому ж корпусі, де встановлена камера. Тоді завади, які впливають на камеру та акселерометр будуть однаковими, і їх переміщення також буде однаковим.

Щоб врахувати переміщення акселерометра побудуємо кінематичну модель системи.

Прискорення - це швидкість зміни швидкості руху об'єкта щодо часу. Прискорення - це векторні величини (оскільки вони мають величину та напрямок). Орієнтація прискорення об'єкта задається орієнтацією чистої сили, що діє на цей об'єкт. Величина прискорення об'єкта, як це описано в Другому законі Ньютона, є сукупним наслідком двох причин:

1. чистий баланс усіх зовнішніх сил, що діють на цей об'єкт - величина прямо пропорційна цій чистій результуючій силі;
2. маса цього об'єкта, залежно від матеріалів, з яких він виготовлений, - величина обернено пропорційна масі об'єкта.

Одиницею SI прискорення є метр на секунду у квадраті.

Наприклад, коли транспортний засіб рухається з місця (нульова швидкість, в інерційній системі відліку) і рухається прямолінійно зі збільшенням швидкості, він прискорюється у напрямку руху. Якщо транспортний засіб повертається, відбувається прискорення в напрямку нового напрямку і змінює свій вектор руху. Прискорення транспортного засобу в поточному напрямку руху називається лінійним (або тангенціальним під час кругових рухів) прискоренням, реакція на яке пасажир на борту



відчують як силу, що відштовхує їх назад на свої місця. Змінюючи напрямок, викликаючий прискорення називається радіальним (або ортогональним під час кругових рухів) прискоренням, реакція на яке пасажери відчують як відцентрову силу. Якщо швидкість транспортного засобу зменшується, це прискорення у зворотному напрямку і математично негатив, який іноді називають уповільненням, і пасажери відчують реакцію на уповільнення як інерційну силу, що штовхає їх вперед. Подібні негативні прискорення часто досягаються спалюванням ретроракет у космічних апаратах. І прискорення, і уповільнення трактуються однаково, це обидва зміни швидкості. Кожне з цих прискорень (тангенціальне, радіальне, уповільнення) відчувається пасажирами до тих пір, поки їх відносна (диференціальна) швидкість не буде нейтралізована щодо транспортного засобу.

Отже, інтегруючи прискорення об'єкта по часу можна визначити швидкість об'єкта. В свою ж чергу інтегруючи швидкість дає змогу визначити переміщення.

$$\int a(t) dt = v + v_0 \quad (2.1),$$

$$\int v(t) dt = \Delta x + x_0 \quad (2.2),$$

де  $a$  – прискорення об'єкта,  $v$  – швидкість об'єкта,  $v_0$  – початкова швидкість об'єкта,  $\Delta x$  – переміщення об'єкта та  $x_0$  – початкове положення об'єкта.

Припускаючи що початкові значення швидкості та прискорення дорівнюють 0 на початку роботи системи, отримаємо з (2.1) та (2.2) отримаємо

$$\Delta x = \iint a(t) dt^2 \quad (2.3),$$

де  $\Delta x$  – переміщення об'єкта в залежності від прискорення  $a(t)$ .

$$\Delta x = \int \left( \int (a(t)dt) + v_0 dt \right) \quad (2.4),$$

де  $\Delta x$  – переміщення об'єкта в залежності від прискорення  $a(t)$  та початкових умов:  $v_0$  – початкова швидкість.

Вирахувавши переміщення за час між захопленням зображення та його обробкою по 2 перпендикулярним вісям які знаходяться в площині матриці за допомогою (2.3), та знаючи роздільну здатність камери по відповідній вісі  $w$ , фокусної відстані  $f$  розміри матриці камери  $l$  та відстань до об'єкта  $m$  можемо вирахувати необхідне зміщення зображення по цій вісі в пікселях.

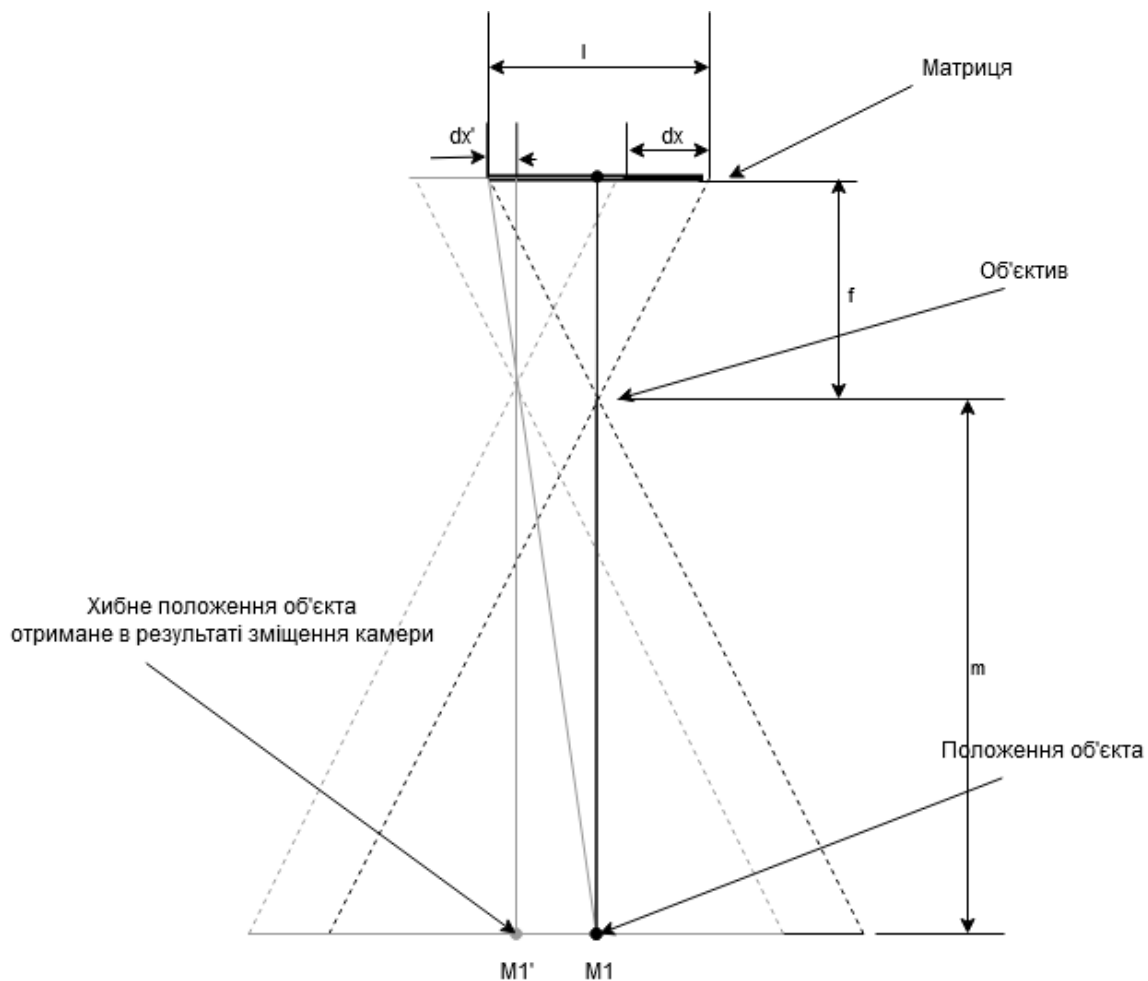


Рисунок 2.5 – Схема розрахунку необхідної компенсації

Спираючись на подібність трикутників можна знайти зміщення  $\Delta x'$  за формулою

$$\Delta x' = \Delta x \frac{f}{m} \quad (2.5).$$

А вже з (2.4) можемо отримати необхідне зміщення по вісі у пікселях.

$$\Delta x_p = \Delta x' \frac{w}{l} \quad (2.6).$$

Підставивши все у (2.6) отримаємо остаточну формулу розрахунку корекції зображення в пікселях для кожної осі.

$$\Delta x_p = \int \left( \int (a(t)dt) + v_0 dt \right) * \frac{f \cdot w}{m \cdot l} \quad (2.7).$$

За допомогою (2.7) можна отримати бажані значення корекції сигналу, проте необхідно знати значення неперервної функції прискорення  $a(t)$ . Це неможливо використовуючи сучасні цифрові акселерометри, оскільки вони дають тільки дискретні значення.

Визначавши геометричний зміст інтеграла функції на відрізку як площа під кривою обмежена відрізком можемо перейти до наближеного значення інтеграла.

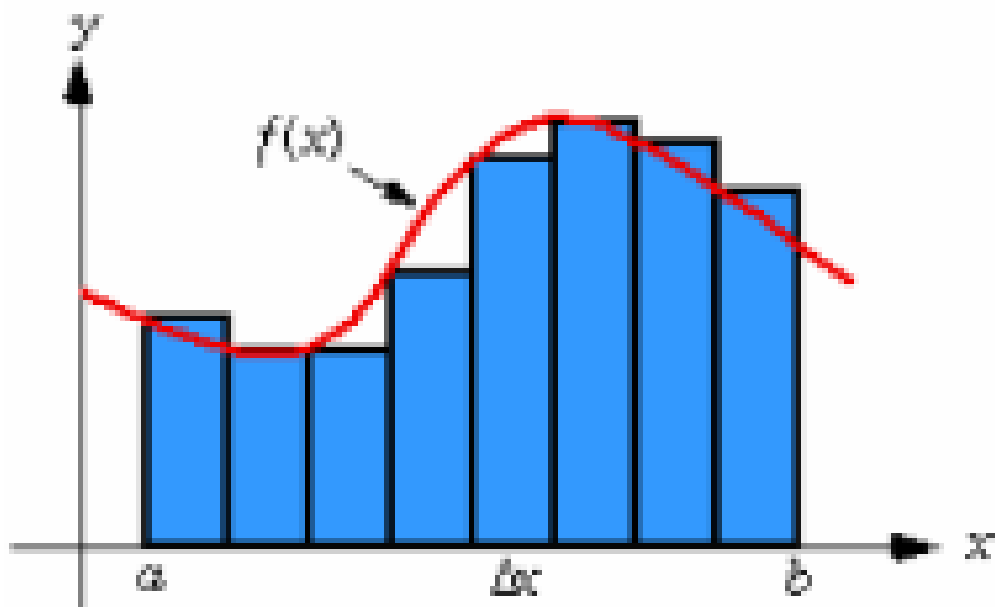


Рисунок 2.6 – Дискретне інтегрування сигналу

$$\int_a^b f(x)dx = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(x_i)\Delta x \quad (2.8),$$

де  $\Delta x = \frac{b-a}{n}$

З попередньою концепцією про "області нижче кривої" можна зробити відрахування: дискретизація сигналу дає нам миттєві значення його величини, тому між двома вибірками можна створити невеликі ділянки. Для того, щоб створити узгоджену величину, час вибірки завжди повинен бути однаковим. Час вибірки являє собою основу цієї області, тоді як відібране значення представляє її висоту. Для того, щоб виключити множення з частками (мікросекунди або мілісекунди), що включають плаваючі крапки в розрахунку, ми припускаємо, що час є одиницею. Тепер ми знаємо, що кожен зразок являє собою область, чия базова ширина дорівнює 1. Наступним вирахуванням може бути, що значення інтеграла зменшується до суми вибірок. Це припущення є правильним, якщо час дискретизації, як правило, дорівнює нулю. У реальній

ситуації генерується помилка, як показано на рис. 2.6. Ця помилка накопичується протягом часу активного процесу.

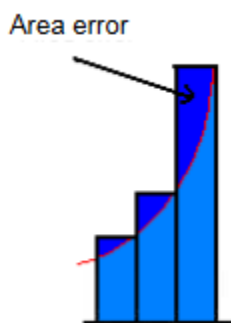


Рисунок 2.7 – Похибка дискретного інтегрування

Ці помилки формально називають втратами вибірки. Потім, щоб зменшити цю помилку, ми робимо ще одне припущення. Отриману область можна розглядати як поєднання двох менших площ:

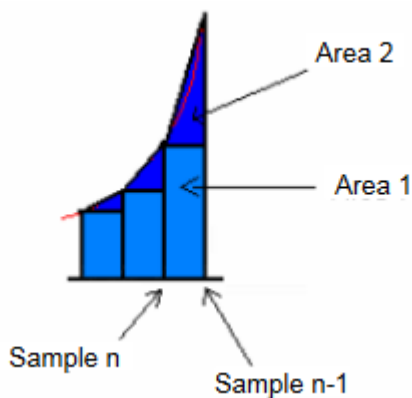


Рисунок 2.8 – Дискретне інтегрування з апроксимацією першого порядку

Перша площа – це значення попередньої вибірки (квадрат). Друга область - це трикутник, сформований між попередньою вибіркою (зразок n-1) та фактичною вибіркою (зразок n), розділеною на два. При такому підході маємо апроксимацію першого порядку (інтерполяцію) сигналу.

$$Area_n = \left( Sample_n + \frac{Sample_n - Sample_{n-1}}{2} \right) \times T \quad (2.9).$$

Використовуючи (2.9) та (2.7) виведемо остаточну формулу розрахунку компенсації зображення у пікселях  $\Delta x p$ .

$$v_j = v_0 + T \cdot \left( a_0 + \sum_{i=1}^j \left( a_i + \frac{a_i - a_{i-1}}{2} \right) \right) \quad (2.10),$$

$$\Delta x p = \frac{f \cdot w}{m \cdot l} \cdot T \left( v_0 + \sum_{j=1}^N \left( v_j + \frac{v_j - v_{j-1}}{2} \right) \right) \quad (2.11),$$

де  $T$  – період дискритизації акселерометра, послідовність  $a_n, n \in \overline{0..N}$  – послідовність значень прискорень,  $v_0$  – початкова швидкість.

Як ми бачимо зі збільшенням  $N$  збільшується кількість необхідних обчислень для розрахунку зміщення. При чому складність обчислень можна оцінити як  $O(N^2)$ .

Для підвищення ефективності роботи необхідно перейти до рекурсивної форми цього рівняння. На кожному кроці ми отримуємо нове значення прискорення  $a_i$  і в результаті ми повинні знайти значення зміщення  $\Delta x_i$ .

Нам необхідна лише одна початкова умова:  $v_0 = 0$ , оскільки ми завжди знаємо прискорення і початкове зміщення не грає жодної ролі через те що нам необхідно знати лише відносне зміщення за час між захватом зображення і його обробкою.

Кожен раз отримавши нове значення прискорення  $a_i$  розраховуємо значення швидкості та зміщення як:

$$v_i = v_{i-1} + \left( a_i + \frac{a_i - a_{i-1}}{2} \right) T \quad (2.12),$$

$$\Delta x_i = \Delta x_{i-1} + \left( v_i + \frac{v_i - v_{i-1}}{2} \right) T \quad (2.13).$$

З (2.12) та (2.13) випливає, що для отримання актуального зміщення необхідно запам'ятовувати два останні значення швидкості, два останні значення прискорення та останнє значення переміщення. Проте не можна використовувати “сирі” значення прискорення, оскільки на Землі постійно діє сила тяжіння вона фіксується акселерометром. Для застосування (2.12) та (2.13) необхідно позбутися постійної складової прискорення.

Для таких цілей можна використати цифрову фільтрацію сигналу. Постійна складова прибирається за допомогою фільтру високих частот або за допомогою спеціальних фільтрів відхилення.

Перехідну функцію такого фільтра можна описати як

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1 - z^{-1}}{1 - \alpha z^{-1}} \quad (2.14).$$

Амплітудна частотна характеристика, фазова частотна характеристика розміщення полюсів і нулів та імпульсна характеристика показані на рис. 2.9.

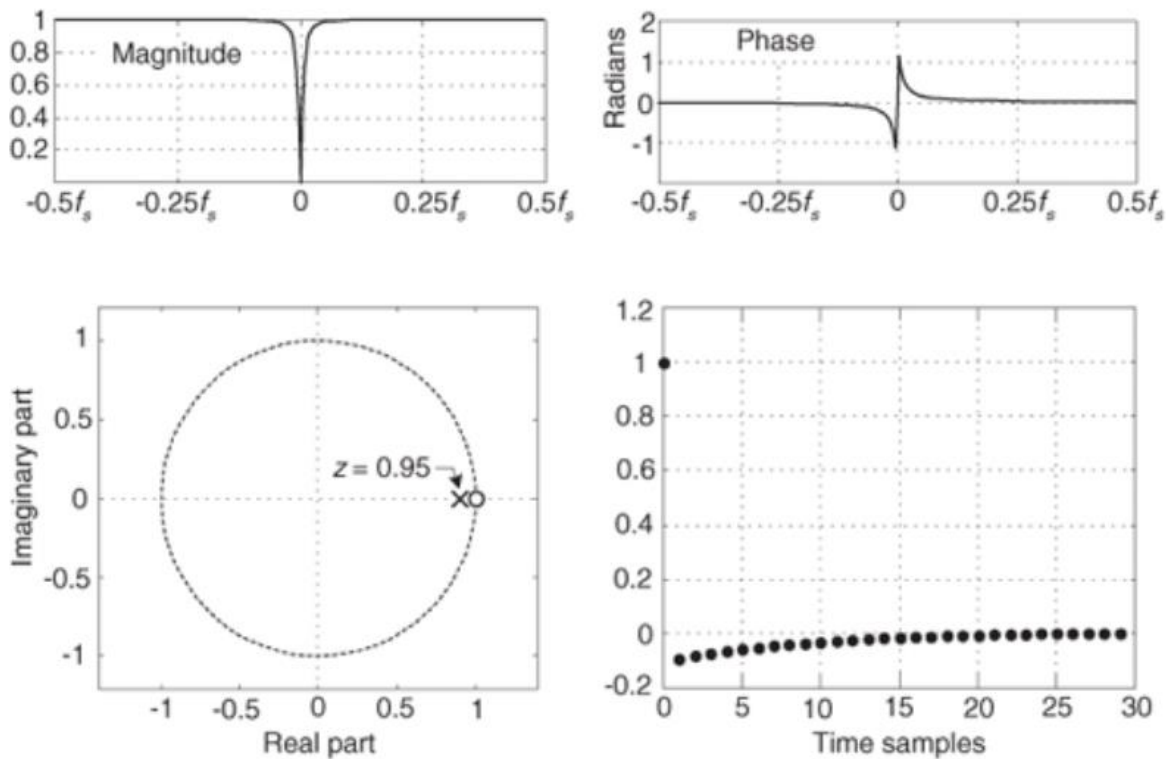


Рисунок 2.9 – АЧХ, ФЧК, нулі та полюси та імпульсна характеристика фільтру що прибирає зміщення

На рис. 2.9 видно що застосування такого фільтру до інтегрування забезпечить відсутність зміщення сигналу акселерометра.

#### Висновки до розділу

Даний розділ представляє пояснення покращених структури та алгоритмів роботи систем, компенсуючих флуктуації. Отже, було запропоновано додати в контур системи керування роботом додатковий елемент компенсації флуктуації. Цей елемент буде використовувати сигнал акселерометрів для компенсації положення зображення з камери під дією зовнішніх механічних завад. Також запропоновано алгоритм обробки сигналу акселерометра для розрахунку відповідних коригуючих сигналів.



## РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИНТЕЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

### 3.1 Моделювання процесу функціонування синтезованої системи

Оскільки основними завадами що впливають на систему є фізичний вплив на неї для моделювання флуктуацій доцільно використати модель маса-пружина-демпфер (рис. 3.1).

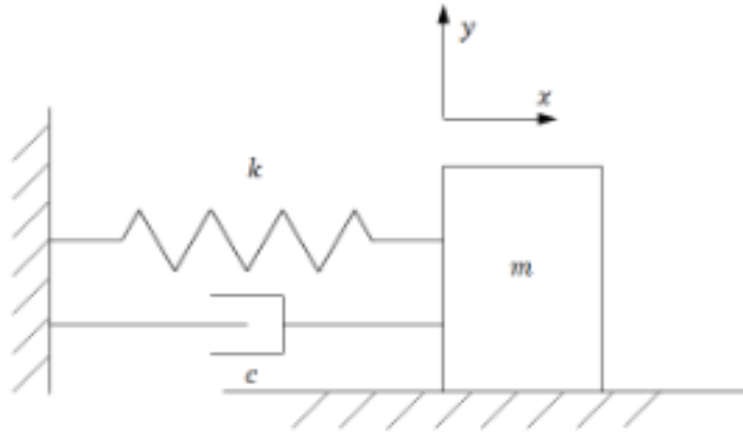


Рисунок 3.1 – Модель маса-пружина-демпфер

Нехай конструкція маси  $m$  на якій закріплена камера закріплена за допомогою уявної пружини з коефіцієнтом пружності  $k$  та демпфера з коефіцієнтом супротиву  $c$ , тоді за другим законом Ньютона може записати диференціальне рівняння динаміки цієї системи.

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = 0 \quad (3.1).$$

Застосуємо перетворення Лапласа до (3.1) і отримаємо перехідну функцію динамічної системи.

$$H(s) = \frac{1}{m \cdot s^2 + c \cdot s + k} \quad (3.2).$$

За допомогою (3.1) та (3.2) ми можемо вираховувати переміщення системи компенсації за завданими на неї завадами. Для моделювання системи використаємо пакет програм Matlab та Simulink.

MATLAB – це високопродуктивна мова для технічних обчислень. Він інтегрує обчислення, візуалізацію та програмування в простому у використанні середовищі, де проблеми та рішення виражаються у звичних математичних позначеннях. Типове використання включає:

- Обчислення
- Розробка алгоритмів
- Моделювання, симуляція та прототипування
- Аналіз даних, дослідження та візуалізація
- Наукова та інженерна графіка
- Розробка додатків, включаючи побудову графічного інтерфейсу користувача

MATLAB - це інтерактивна система, основним елементом даних якої є масив, що не вимагає розмірів. Це дозволяє вирішувати багато технічних обчислювальних задач, особливо тих, що мають матричні та векторні формулювання, за частку часу, необхідного для написання програми скалярною неінтерактивною мовою, такою як C або Fortran.

Назва MATLAB розшифровується як лабораторія матриць. MATLAB був спочатку створений для забезпечення легкого доступу до програмного забезпечення матриць, розробленого проектами LINPACK та EISPACK, які разом представляють сучасний рівень програмного забезпечення для обчислення матриць.

MATLAB розвивався протягом багатьох років завдяки втручання багатьох користувачів. В університетських середовищах це стандартний інструктаж для вступних та вдосконалених курсів математики, техніки та

природознавства. У промисловості MATLAB є інструментом вибору для високопродуктивних досліджень, розробок та аналізу.

MATLAB пропонує сімейство рішень для конкретних додатків, які називаються панелями інструментів. Дуже важливо для більшості користувачів MATLAB, набори інструментів дозволяють вивчати та застосовувати спеціалізовані технології. Набори інструментів - це всебічна колекція функцій MATLAB (М-файли), які розширюють середовище MATLAB для вирішення певних класів проблем. Сфери, в яких доступні набори інструментів, включають обробку сигналів, системи управління, нейронні мережі, нечітку логіку, вейвлети, моделювання та багато інших.

Система MATLAB складається з п'яти основних частин:

Мова MATLAB.

Це мова матриці/масиву високого рівня з операторами потоку управління, функціями, структурами даних, введенням/виведенням та об'єктно-орієнтованими функціями програмування. Це дозволяє як "програмуванню в малому" швидко створювати швидкі та брудні викидаючі програми, так і "програмуванню у великому" для створення повних великих і складних прикладних програм.

Робоче середовище MATLAB.

Це набір інструментів та засобів, з якими ви працюєте як користувач або програміст MATLAB. Він включає засоби для управління змінними у вашій робочій області та імпорту та експорту даних. Він також включає інструменти для розробки, управління, налагодження та профілювання М-файлів, додатків MATLAB.

Обробляти графіку.

Це графічна система MATLAB. Він включає команди високого рівня для двовимірної та тривимірної візуалізації даних, обробки зображень, анімації та

презентаційної графіки. Він також включає команди низького рівня, які дозволяють повністю налаштувати зовнішній вигляд графіки, а також створити повний графічний інтерфейс користувача на своїх програмах MATLAB.

Бібліотека математичних функцій MATLAB.

Це величезна колекція обчислювальних алгоритмів, починаючи від елементарних функцій, таких як сума, синус, косинус та складна арифметика, і закінчуючи більш складними функціями, такими як зворотна матриця, власні значення матриці, функції Бесселя та швидкі перетворення Фур'є.

Інтерфейс прикладних програм MATLAB (API).

Це бібліотека, яка дозволяє писати програми C та Fortran, які взаємодіють з MATLAB. Він включає засоби для виклику підпрограм з MATLAB (динамічне зв'язування), виклику MATLAB як обчислювального механізму, а також для читання та запису MAT-файлів.

Simulink – це середовище блок-схеми для багатодоменого моделювання та моделювання. Він підтримує проектування на рівні системи, моделювання, автоматичну генерацію коду та постійне тестування та перевірку вбудованих систем. Simulink надає графічний редактор, настроювані бібліотеки блоків та вирішувачі для моделювання та моделювання динамічних систем. Він інтегрований з MATLAB, що дозволяє включити алгоритми MATLAB у моделі та експортувати результати моделювання до MATLAB для подальшого аналізу.

Отже необхідно створити основні елементи системи. Спочатку створимо модель пружини маси демфер, на яку і будуть діяти завади і зміщення якої необхідно буде компенсувати.

Знаючи перехідну функцію (3.2) створимо елемент перехідної функції в Simulink з відповідними коефіцієнтами (рис. 3.2).

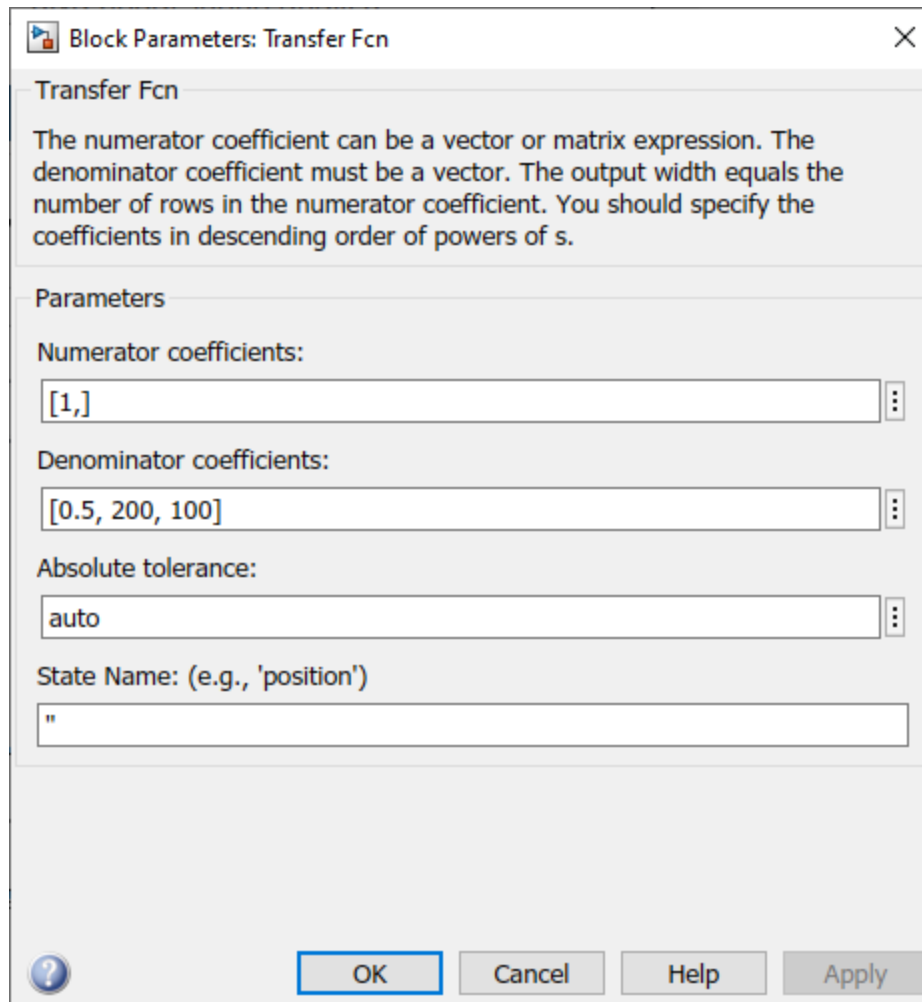


Рисунок 3.2 – Опис перехідної функції в середовищі Simulink

Оскільки акселерометр вимірює прискорення, а вихід попереднього елемента дає зміщення необхідно отримати прискорення шляхом подвійної диференціації. Отже, використаємо два елементи диференціації підряд. Отримаємо рис. 3.2.

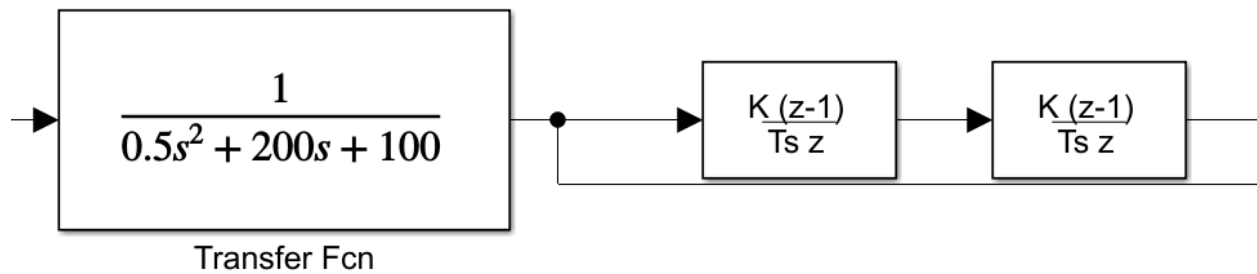


Рисунок 3.3 – Блок перехідної функції та 2 диференціатори

Тепер для симуляції акселерометра необхідно квантувати та дискретизувати сигнал. Для цього використаємо відповідні блоки Simulink. Отримаємо рис. 3.4.

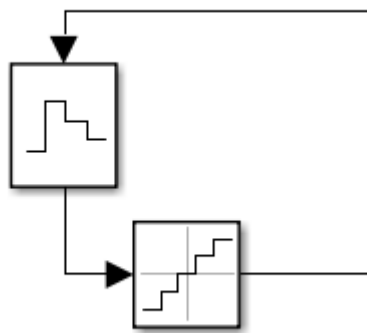


Рисунок 3.4 – Квантувач за часом і за рівнем

Тепер необхідно реалізувати інтегратор. Використавши (2.11) реалізуємо інтегратор на базових блоках Simulink.

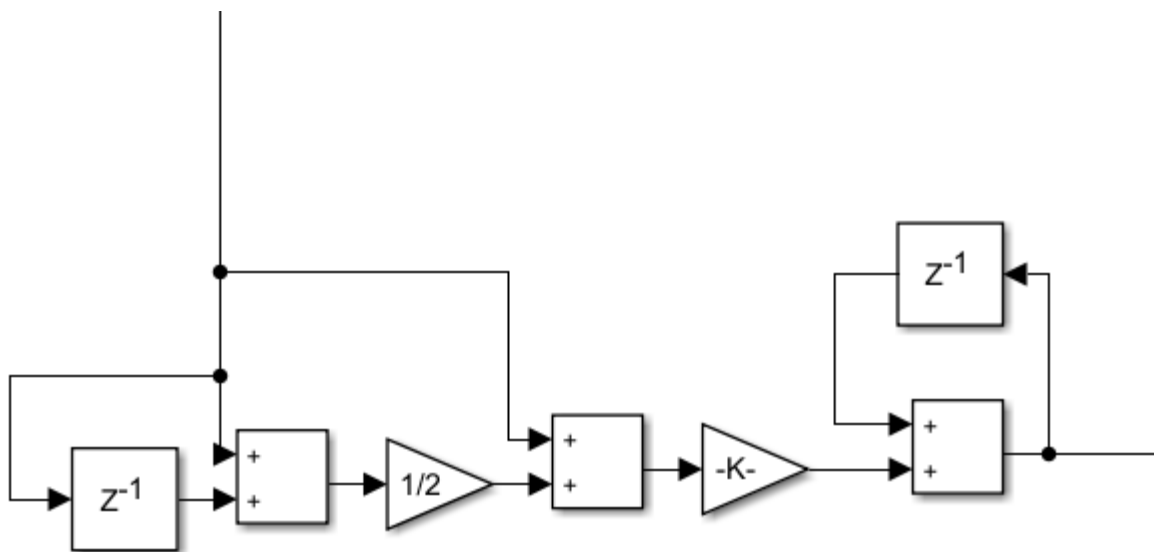


Рисунок 3.5 – Схема інтегрування

Тепер реалізуємо подвійний інтегратор для того що б врахувати переміщення за прискоренням (рис. 3.6).

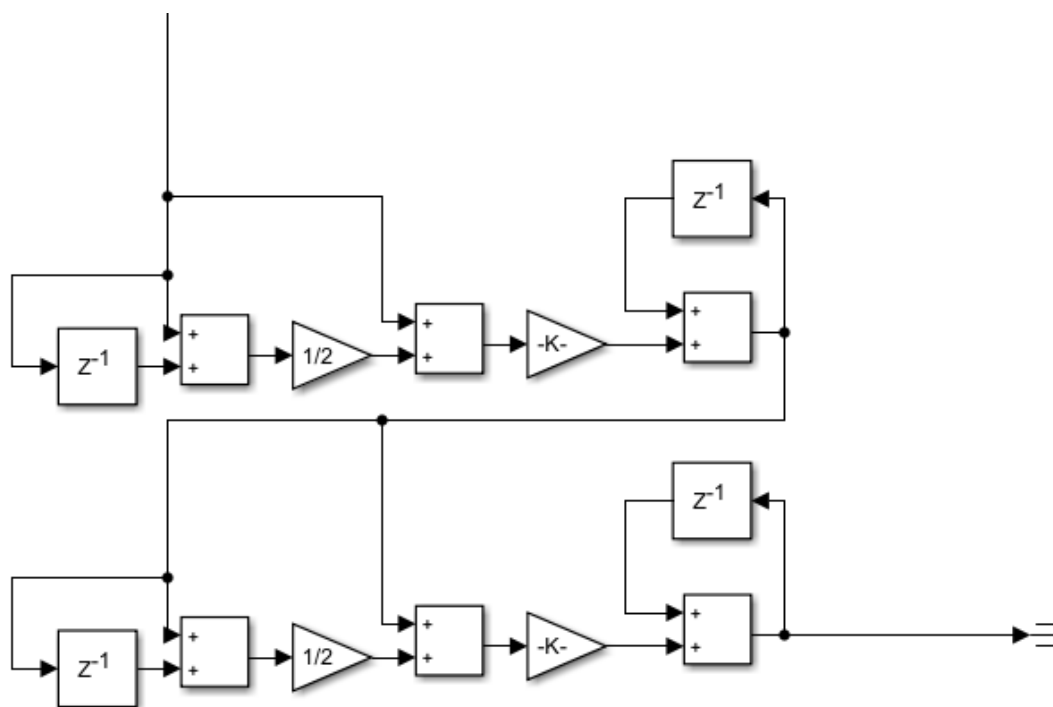


Рисунок 3.6 – Подвійний інтегратор

Також реалізуємо блок фільтрації зміщення (рис. 3.7).

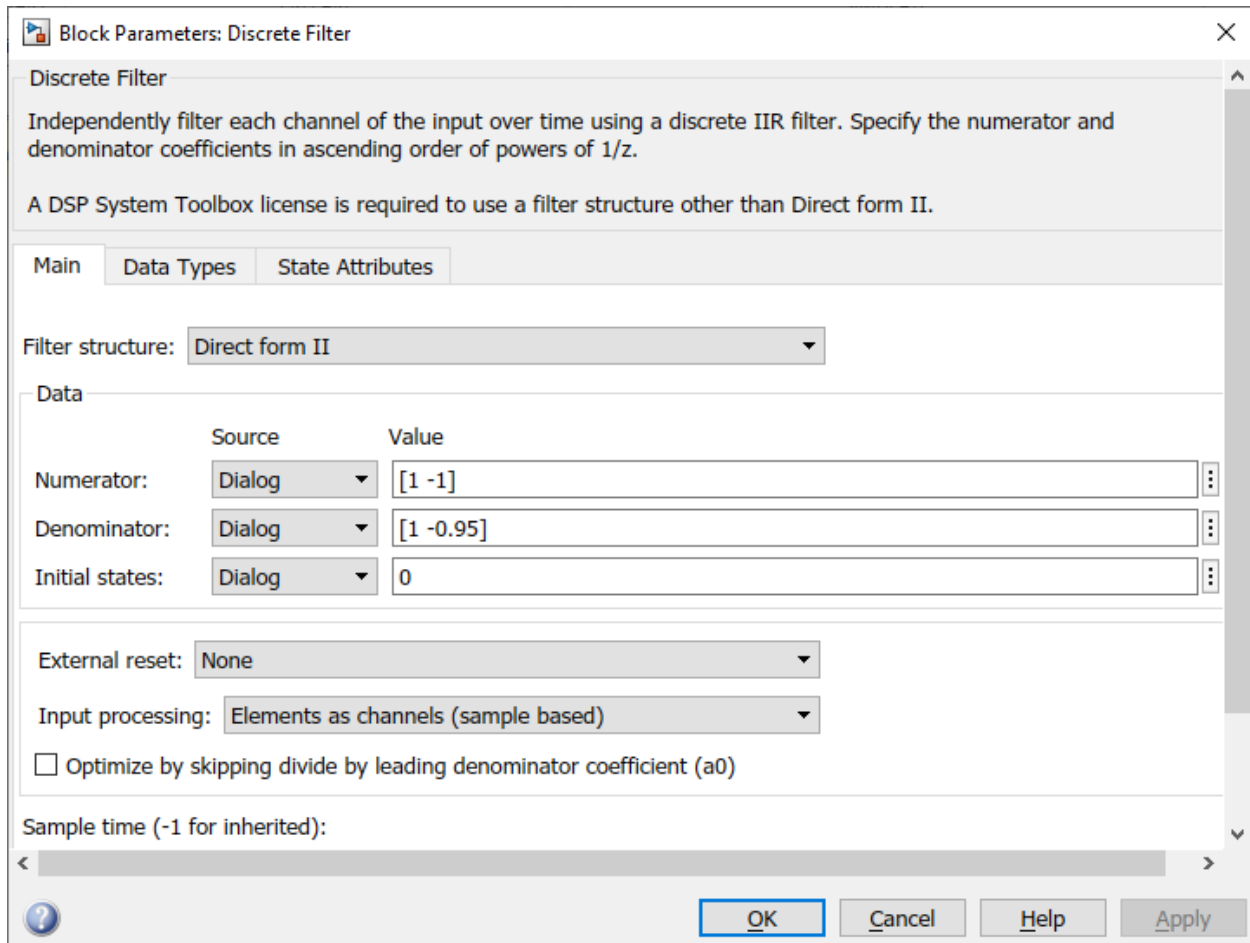


Рисунок 3.7 – Опис фільтра що прибирає зміщення в середовищі Simulink

Таким чином ми отримали модель системи яку можемо використати для оцінки ефективності її роботи завдавши різні тестові впливи і порівнявши результати. Кінцева схема моделі зображена на рис. 3.8.



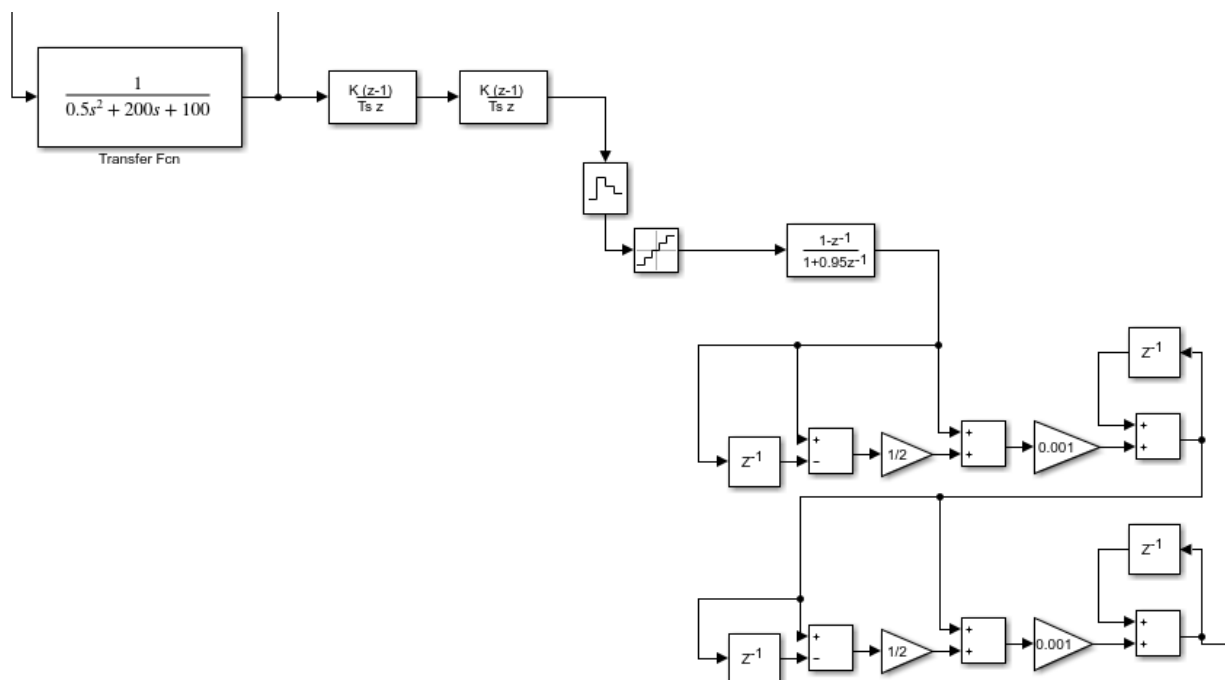


Рисунок 3.8 – Кінцева модель для симуляції

### 3.2 Оцінка ефективності синтезованої системи

Для оцінки ефективності системи будемо подавати різні можливі впливи на вхід моделі та порівнювати реальне зміщення зі значенням розрахованої компенсації. Будемо вважати результат роботи системи позитивним якщо різниця компенсованого і реального значення зміщення буде менше 10% зміщення.

Визначимо параметри симуляції. Камери які використовуються в подібних системах можуть бути досить повільними і на обробку зображення може піти в середньому 50мс, тому виберемо час симуляції 50мс. Тепер виберемо параметри акселерометру. Тут треба обрати 2 параметри: роздільну здатність, та період семплування сигналу. Доцільно буде розглянути 2 варіанти акселерометру. Перший акселерометр буде мати високу роздільну здатність, але низьку частоту семплування. В результатах випробувань цей акселерометр буде позначатися як А\_1. Другий, навпаки, низьку роздільну

здатність, проте високу частоту семплювання. Буде позначатись A\_2. В якості прикладу можна взяти характеристики наступних акселерометрів. PS2DH від компанії ST має роздільну визначення прискорення 10 мм/с<sup>2</sup> та частоту семплювання до 5 КГц (будемо використовувати частоту 1 КГц) та ADXL1004 від компанії Analog Devices який має роздільну здатність 500 мм/с<sup>2</sup> і частоту семплювання до 10КГц.

Також необхідно визначити перехідну функцію у моделі маса-демпфер-пружина. Визначимо 2 різних блоки з коефіцієнтами як на рис 3.9.

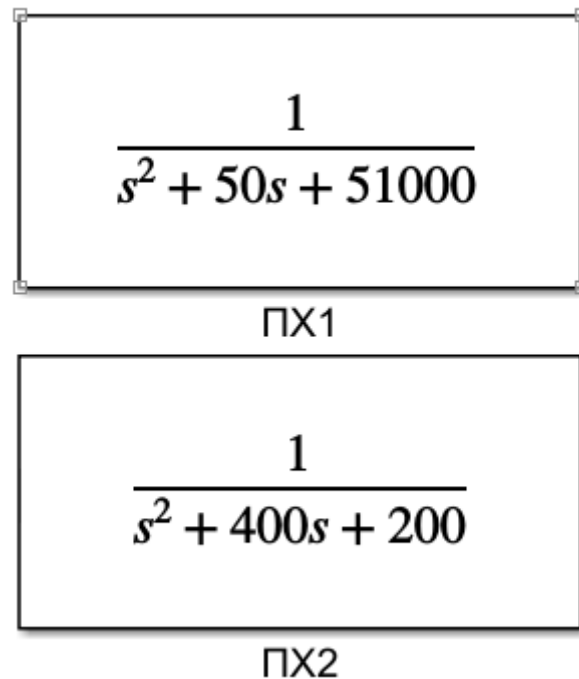


Рисунок 3.9 – Вибрані тестові перехідні функції системи

Нижче будуть наведені результати моделювання системи компенсації на різні вхідні сигнали.

Для першого випробування спробуємо протестувати систему за відсутності сигналу завад.

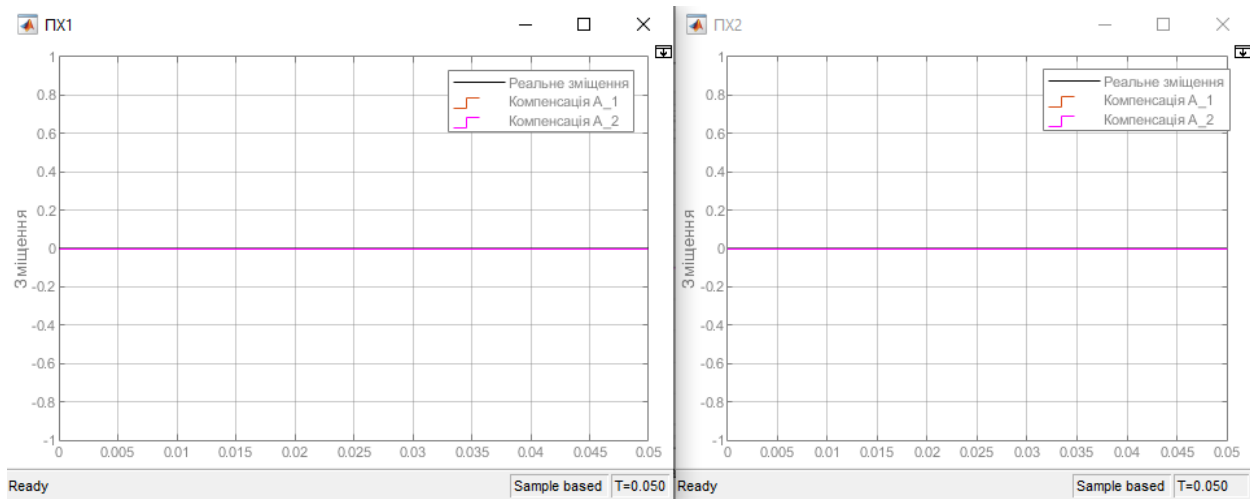


Рисунок 3.10 – Результат за відсутності завад

На рис. 3.10 видно що за відсутності завад не відбувається хибних компенсацій.

Наступним випробуванням буде реакція системи на дельта імпульс (рис. 3.11). Результат компенсації показаний на рис. 3.12, абсолютна похибка компенсації показана на рис.3.13 та відносна похибка на таблиці 3.1.

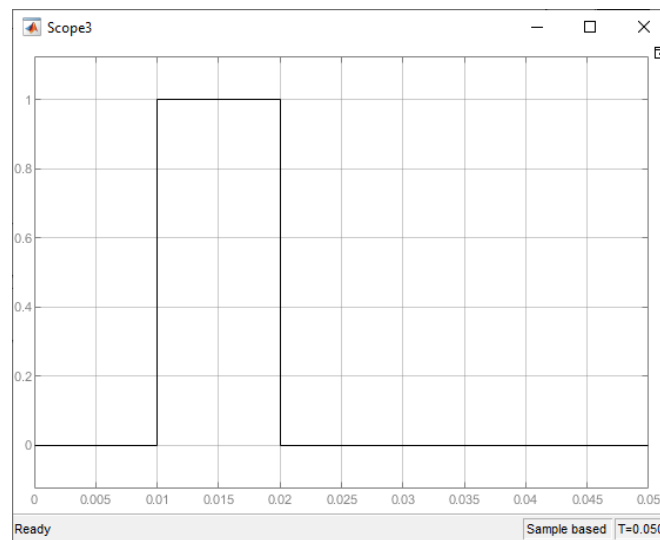


Рисунок 3.11 – Сигнал завади 1

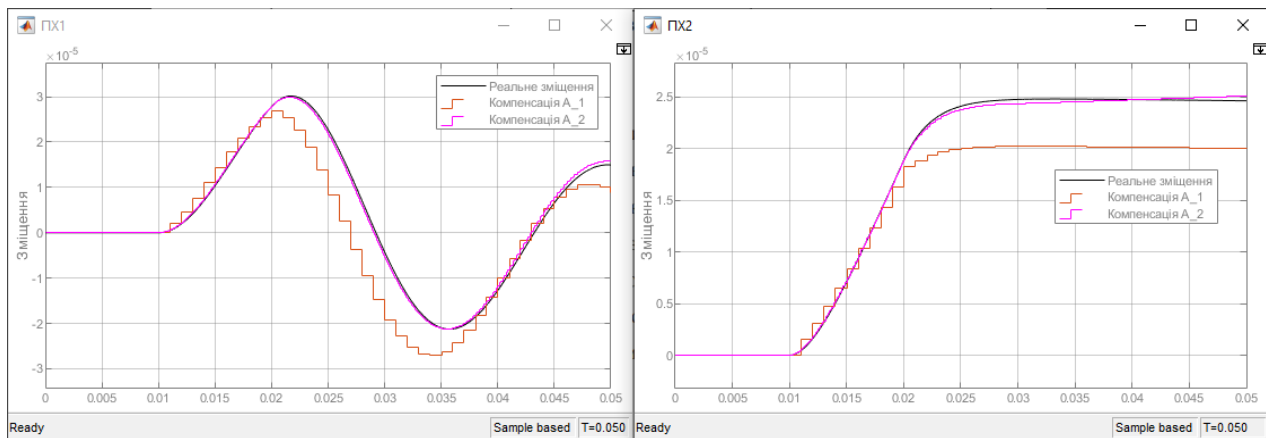


Рисунок 3.12 – Графік компенсації 1

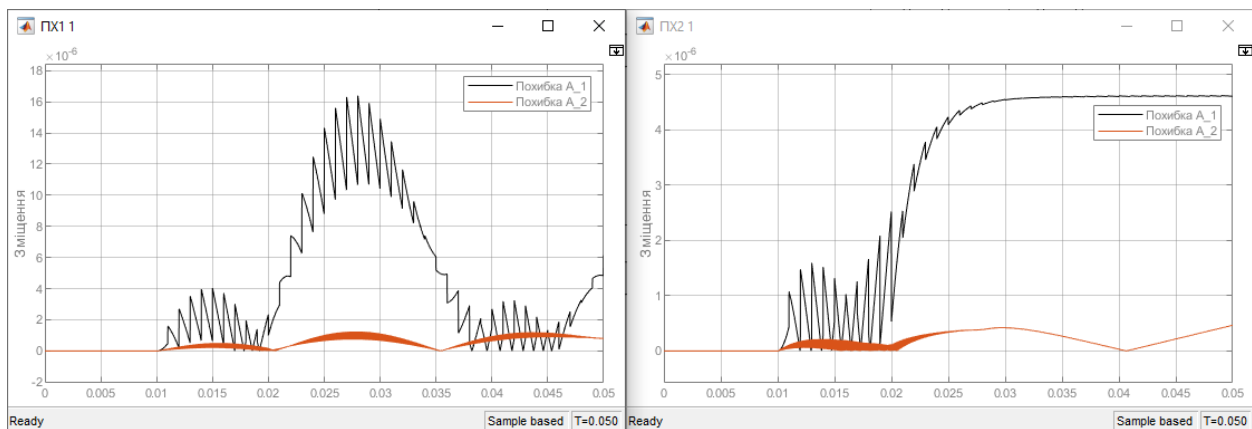


Рисунок 3.13 – Графік похибки 1

Таблиця 3.1 Результат випробування 1

Перехідна функція	Реальне зміщення	Акселерометр	Відносна похибка
ПХ1	0.01495	A_1	0.4116
		A_2	0.0527
ПХ2	0.02463	A_1	0.1875
		A_2	0.01869

Як бачимо використання другого акселерометра з більшою частотою семплування показує кращий результат навіть не зважаючи на гіршу роздільну здатність.

Далі розглянемо реакцію на слабо-зашумлену заваду (рис.3.14).

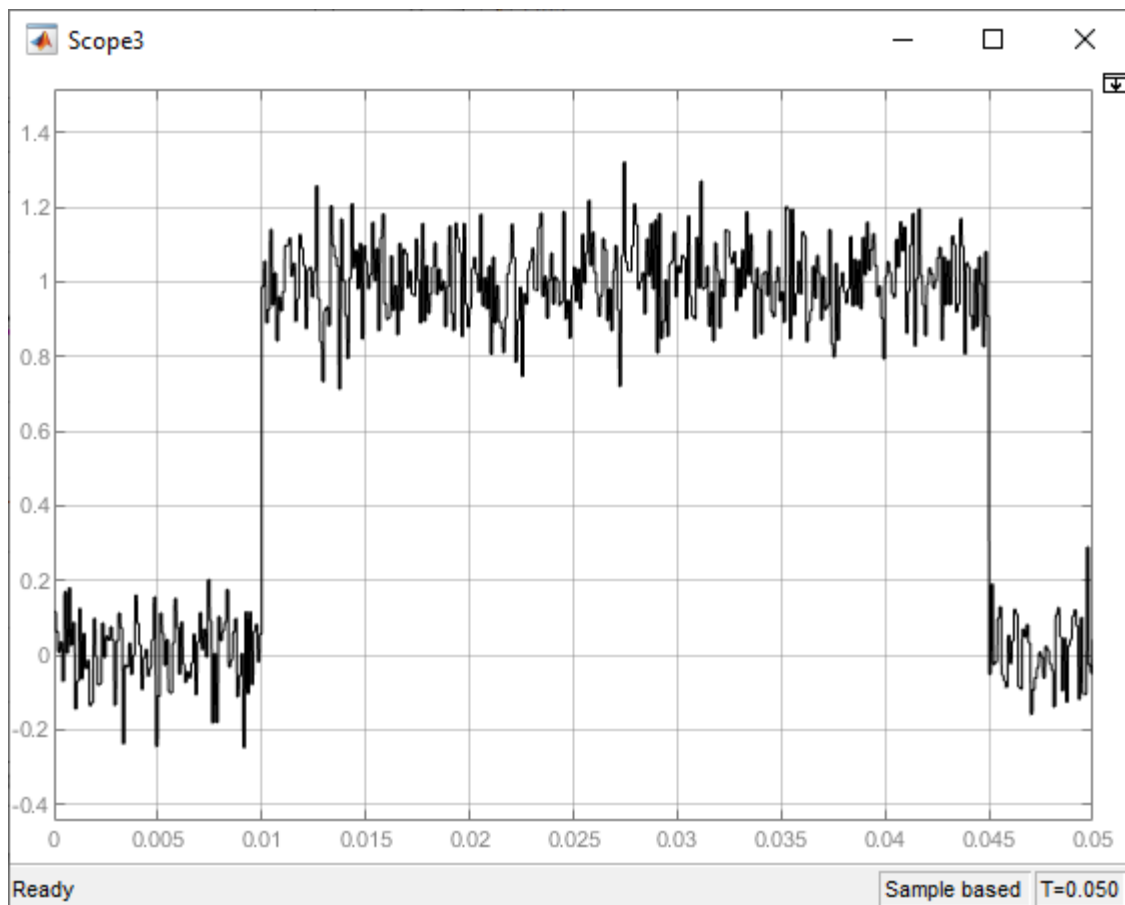


Рисунок 3.14 – Сигнал завади 2  
Результати наведені на рис. 3.15, рис. 3.16 та таблиці 3.2.

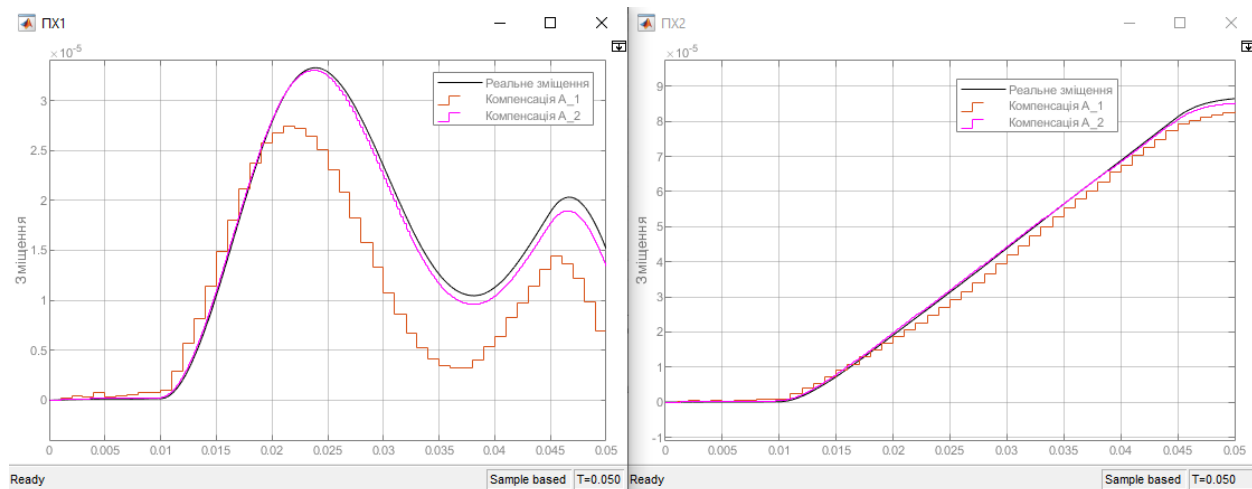


Рисунок 3.15 – Графік компенсації 2

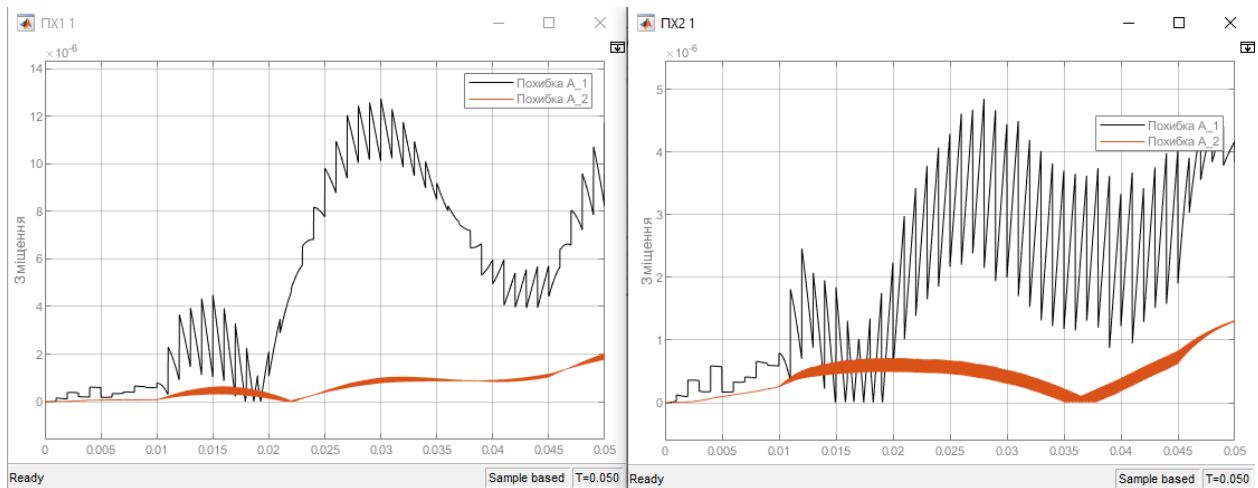


Рисунок 3.16 – Графік похибки 2

Таблиця 3.2 Результат випробування 2

Перехідна функція	Реальне зміщення	Акселерометр	Відносна похибка
ПХ1	0.01515	A_1	0.7728
		A_2	0.1342
ПХ2	0.08647	A_1	0.04428
		A_2	0.01499

Далі розглянемо реакцію на випадковий шум (рис. 3.17). Результати симуляцій будуть наведені на рис. 3.18, рис. 3.19 та таблиці 3.3.

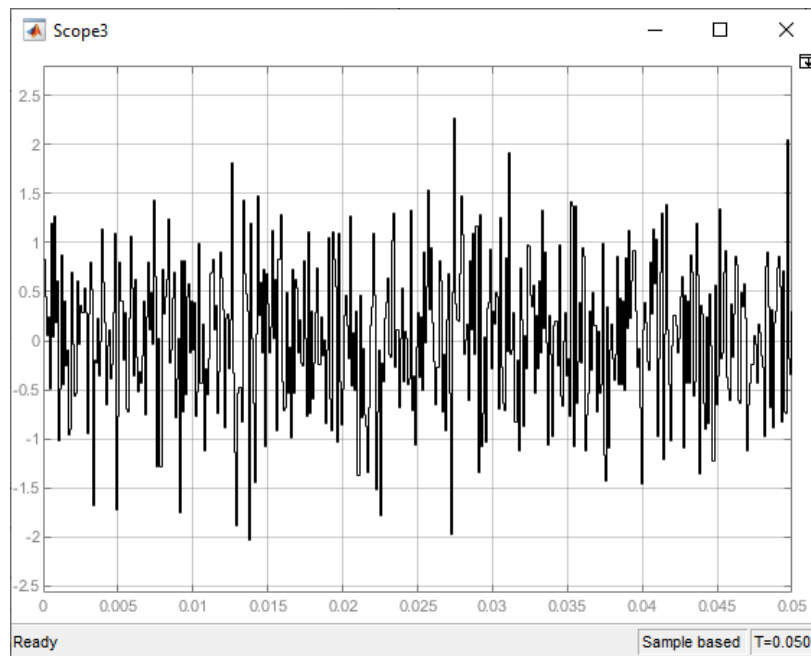


Рисунок 3.17 – Сигнал завади 3

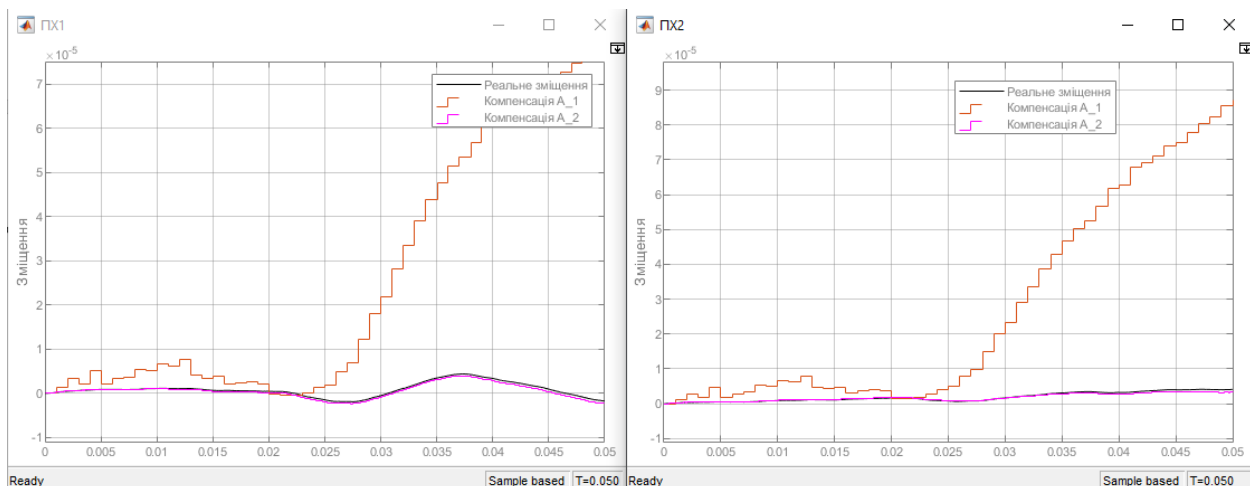


Рисунок 3.18 – Графік компенсації 3

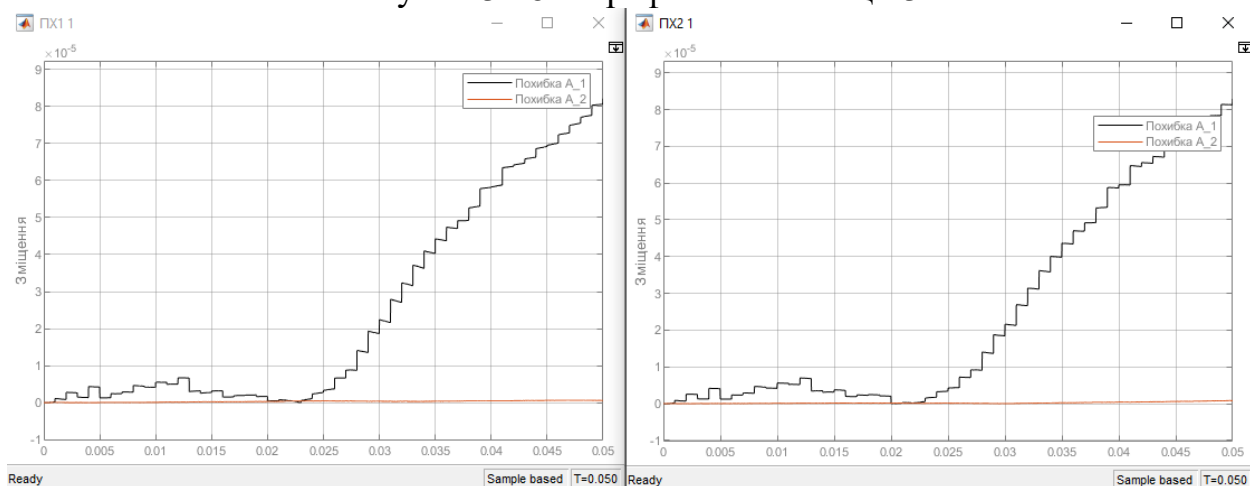


Рисунок 3.19 – Графік похибки 3

Таблиця 3.3 Результат випробування 3

Перехідна функція	Реальне зміщення	Акселерометр	Відносна похибка
ПХ1	0.001735	A_1	47.33
		A_2	0.3407
ПХ2	0.004105	A_1	20.19
		A_2	0.1989

Тут бачимо що використання акселерометра A\_1 тільки погіршує результат роботи системи. Можемо зробити висновок що використовувати акселерометр з низькою частотою семплування не бажано через надмірне накопичення похибки.

Розглянемо реакцію системи на періодичний зашумлену періодичну заваду (рис. 3.20). Результати будуть наведені на рис. 3.21, рис. 3.22 та таблиці 3.4.

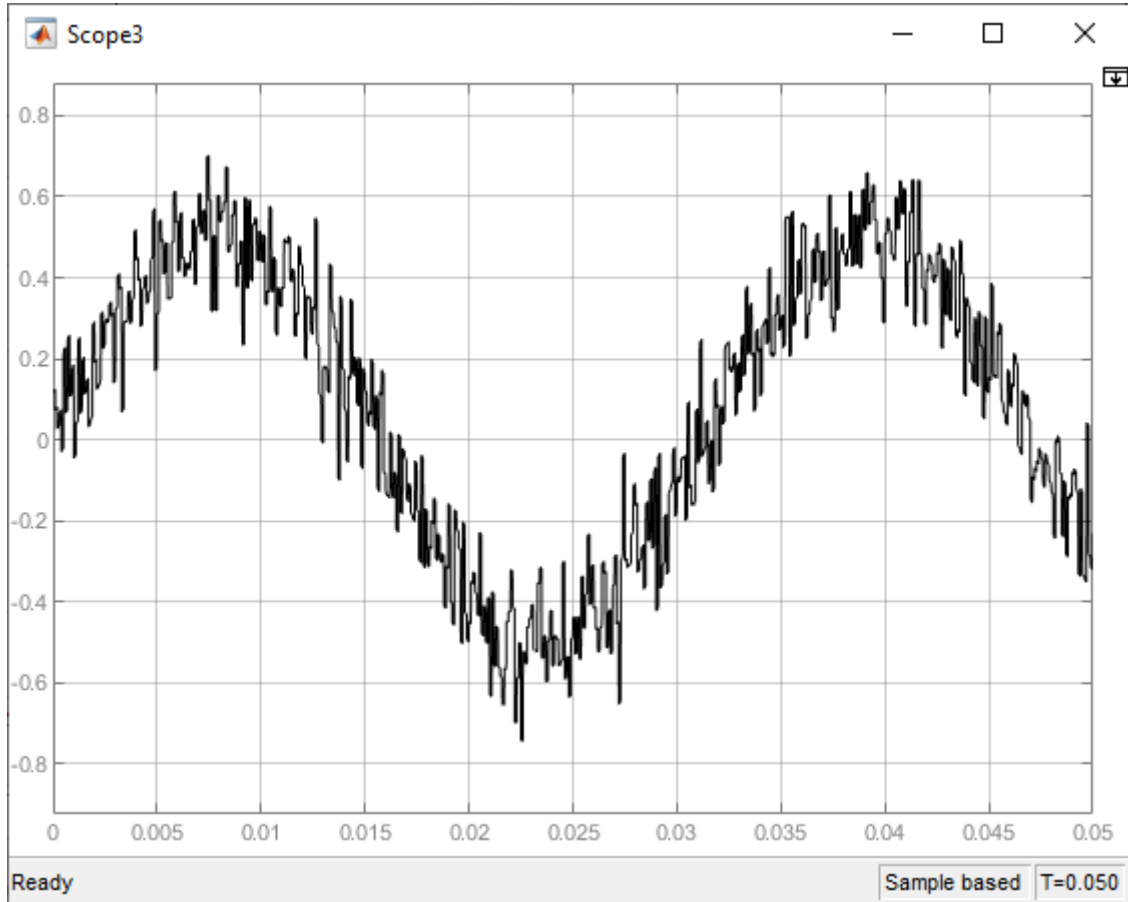


Рисунок 3.20 – Сигнал завади 4

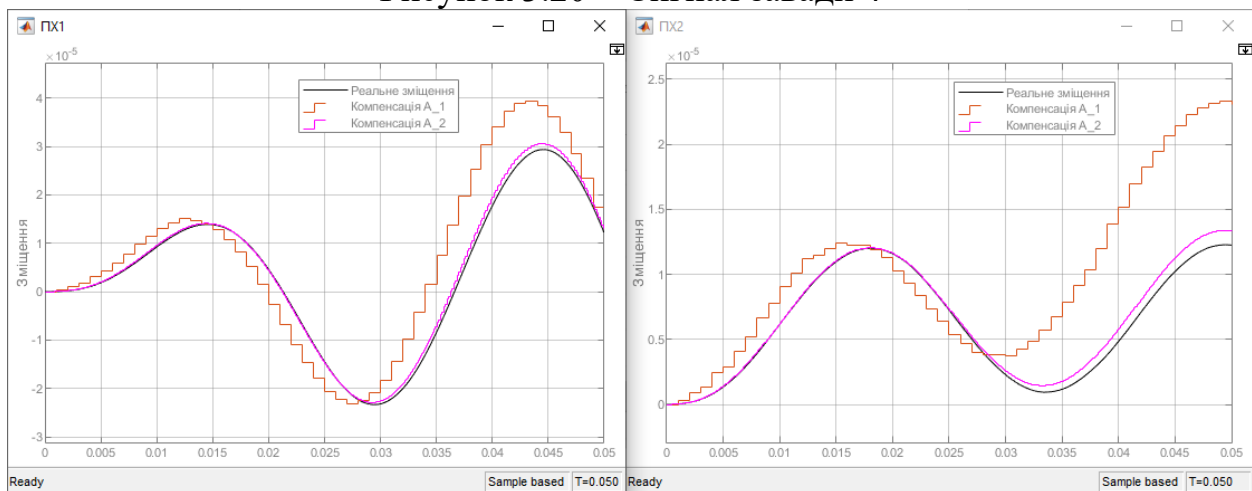


Рисунок 3.21 – Графік компенсації 4



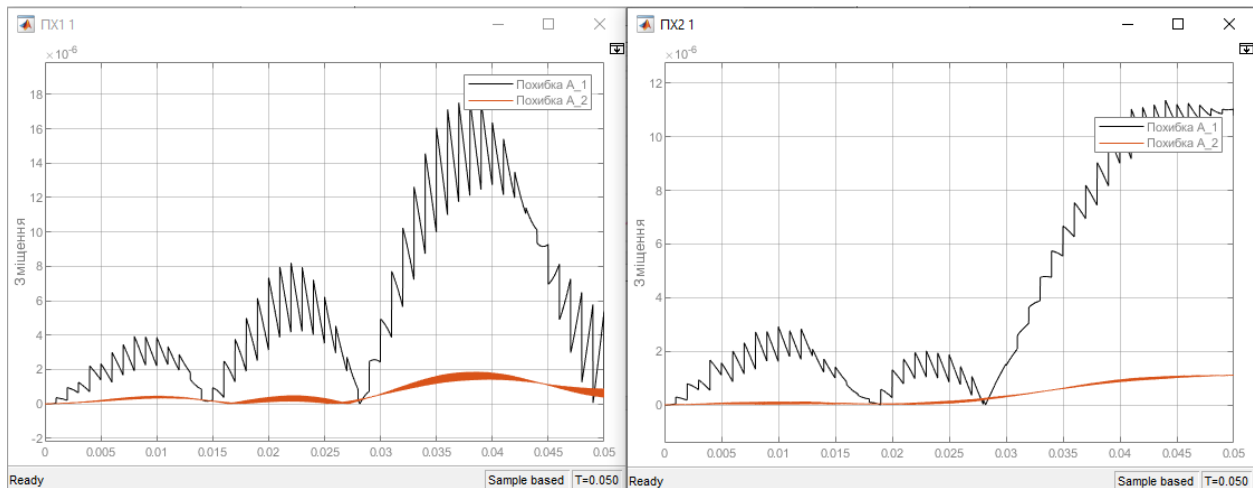


Рисунок 3.22 – Графік похибки 4

Таблиця 3.4 Результат випробування 4

Перехідна функція	Реальне зміщення	Акселерометр	Відносна похибка
ПХ1	0.01214	A_1	0.07439
		A_2	0.03011
ПХ2	0.01225	A_1	0.8814
		A_2	0.08991

Отже, моделювання показало, що раніше синтезована система може бути реалізована за допомогою реальних компонентів, проте існують певні вимоги до характеристик цих компонентів.

### 3.3 Рекомендації щодо технічної реалізації системи на новітній елементній базі

Для реалізації такої технічної системи необхідно 2 ключових компонента. Це акселерометр та мікропроцесор або мікроконтролер який зможе оброблювати високочастотний сигнал акселерометра та оброблювати і відповідати на команди від керуючого пристрою.

В якості акселерометра використаємо згаданий вище ADXL1004. ADXL1004 – це низькошумовий одновісний акселерометр MEMS з резонансною частотою 45 кГц, що забезпечує аналоговий вихід, пропорційний механічній вібрації. ADXL1004 має діапазон величин  $g \pm 500$  г, придатний для

вимірювання вібрації в системах з високою пропускнуою здатністю. Такі системи включають системи вібраційного аналізу для моніторингу та діагностування роботи машин або системи. Низький рівень шуму та високочастотна смуга пропускання дозволяють вимірювати вібрацію, спричинену дрібними рухомими компонентами, такими як внутрішні підшипники. Діапазон високих g забезпечує динамічний діапазон, необхідний для середовищ з високою вібрацією, таких як опалення, вентиляція та кондиціонування повітря (HVAC) та важке машинне обладнання. Щоб досягти належної продуктивності, пам'ятайте про шум системи, монтаж та підготовку сигналу. На шум системи впливає шум напруги живлення. Аналоговий вихід ADXL1004 є раціометричним виходом; отже, модуляція напруги живлення впливає на вихід. Використовуйте належним чином роз'єднану стабільну напругу живлення для живлення ADXL1004 та забезпечення опорної напруги для системи оцифрування. На вихідний сигнал впливає стимул перевищення частоти. Вихідна функція індикатора перевантаження вказує на стан, яке є критичним для інтелектуальної вимірювальної системи.

Рухомий компонент датчика – це полікремнієва поверхнево-мікрообробна структура, побудована поверх кремнієвої пластини. Полікремнієві пружини підвішують структуру на поверхні пластини і забезпечують опір силам прискорення. Диференціальні конденсатори, що складаються з незалежних нерухомих пластин і пластин, прикріплених до рухомої маси, вимірюють відхилення конструкції. Прискорення відхиляє структуру і врівноважує диференціальний конденсатор, що призводить до виходу датчика з амплітудою, пропорційною прискоренню. Фазочутлива демодуляція визначає величину і полярність прискорення (рис. 3.23).

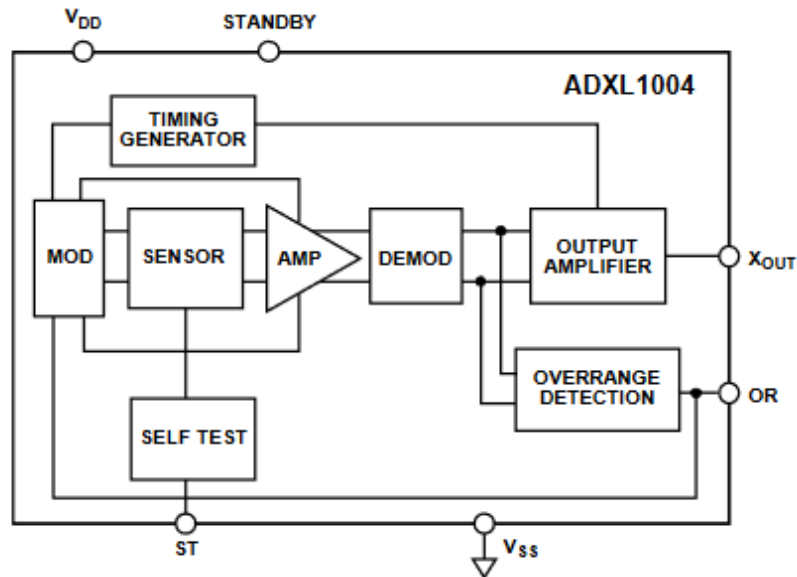


Рисунок 3.23 – Внутрішня структура акселерометру ADXL1004

Вибір мікроконтролера залежить від інтерфейсу комунікації пристрою керування. Оскільки алгоритм використовує тільки операції додавання для його реалізації підійдуть будь-які процесори з швидкодією більше 42 МГц. Це можуть бути мікроконтролери з ядром Cortex-M4 або вище. Оскільки вибраний акселерометр має аналоговий вихід, бажано щоб процесор мав якісний та швидкий вбудований АЦП. Прикладом такого процесора може бути STM32F429NG від ST. Пристрої STM32F427xx і STM32F429xx засновані на високопродуктивному 32-бітному ядрі RISC Arm Cortex-M4, що працює на частоті до 180 МГц. Ядро Cortex-M4 має одиничну точність одиниці з плаваючою точкою (FPU), яка підтримує всі інструкції та типи обробки даних з одиничною точністю Arm. Він також реалізує повний набір інструкцій DSP та блок захисту пам'яті (MPU), що підвищує безпеку додатків.

Пристрої STM32F427xx та STM32F429xx включають високошвидкісні вбудовані пам'яті (флеш-пам'ять до 2 Мбайт, до 256 Кбайт SRAM), до 4 Кбайт резервної SRAM, а також широкий діапазон вдосконалених входів / виходів та

периферійних пристроїв, підключених до двох АРВ шини, два шини АНВ та 32-розрядна матриця шин з декількома АНВ.

Всі пристрої пропонують три 12-розрядних АЦП, два ЦАП, малопотужний RTC, дванадцять 16-розрядних таймерів загального призначення. Вони також мають стандартні та вдосконалені комунікаційні інтерфейси Ethernet, USB, CAN, USART.

Отже, дана система може бути реалізована за допомогою використання сучасних та доступних компонентів, проте для впровадження системи в життя, також необхідна розробка з схемотехнічної частини системи, що не було ціл्लю даної дисертації.

Висновки до розділу.

В цьому розділі змодельована система яка була отримана в 2 розділі. За допомогою цієї моделі можна прогнозувати ефективність і доцільність використання отриманої системи компенсації флуктуацій.

Як показують результати симуляції синтезована система має гарні показники компенсації флуктуацій, проте якість роботи системи залежить від характеристик її компонентів. Для якісної роботи системи необхідне використання високочастотних акселерометрів, при чому обґрунтована можливість використання акселерометрів з гіршою роздільною здатністю.

Також запропоновані реальні елементи такої системи для майбутнього проектування системи.

## РОЗДІЛ 4. МАРКЕТИНГОВИЙ АНАЛІЗ СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів.

Для будь-якого стартап-проекту найважливішим є успішний ринковий старт. Фахівці зі створення та розвитку стартап-проектів окремо відзначають, що відсутність маркетингових знань та умінь, що уможлиблюють розробку ринково затребуваного проекту із вихідної ідеї, є основною причиною високого рівня банкрутств стартап-компаній, і ця проблема може бути вирішена за рахунок навчання винахідників. Відповідно, основним призначенням даного розділу є отримання знань щодо суті, основних принципів розроблення стратегії ринкового впровадження та маркетингового управління інноваційними стартап-проектами у промислових галузях економіки, використання ефективних маркетингових інструментів просування високотехнологічних продуктів виробництва та послуг .

У даному розділі виконаємо перший етап розроблення стартап- проекту, а саме маркетинговий аналіз – виявимо ринкові можливості використання результатів роботи розробленого науково-технічного рішення.

### 4.1 Опис ідеї проекту

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
<p>Прискорення загального темпу виробництва, шляхом впровадження системи фільтрації сигналів для об'єктів та розрахунку параметрів захватного пристрою</p>	<p>1. виробництво та промисловість;  2. сфера торгівлі та продажу товарів;  3. транспорт;  4. сортувальні системи для логістики;  5. системи сортування сміття;  6. військові системи (системи маніпулювання об'єктами з небезпечних матеріалів);  7. домашнє господарство(роботпомічник);  8. системи доставки крупногабаритних товарів;  9. сортування будівельних відходів;  10. бібліотеки та музеї (маніпулювання крихкими об'єктами)</p>	Економічні

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ № Пп/ п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Продукція конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2			
1.	Тренд споживання	Підвищення ефективності заводських систем керування платформою робота	The Smart Grasping System	RightPick		+	
2.	Швидкість побудови моделі захвату						+
3.	Надійність					+	
4.	Вартість підготовки та впровадження						+
5.	Вартість обслуговування					+	

#### 4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/ п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Побудова тривимірної карти навколишнього середовища	SLAM	+	+

2	Сегментація моделі об'єкта	Region growing	+	+
3	Фільтрація	GraspIt	+	+
<i>Обрана технологія реалізації ідеї проєкту: 1</i>				

Висновок: технологічна реалізація продукту – можлива, вибрана технологія №1

#### 4.1. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн./ум.од	1000000
3	Динаміка ринку	зростаюча
4	Наявність обмежень для входу	немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ISO9001
6	Середня норма рентабельності в галузі або по ринку, %	13%

Висновок: враховуючи кількість головних гравців по ринку, зростаючу динаміку ринку, невелику кількість конкурентів та середню норму рентабельності можна зробити висновок, що на даний момент, ринок для входження стартап-продукту є привабливим.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту



№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Прискорити процес аналізу даних про навколишнє середовище та генерацію захвату	підприємства		Економічні та ергономічні (зручність використання)
2		системи маніпулювання об'єктами		
3		системи сортування		
4		Логістика		
5		бібліотеки та музеї		

Таблиця 4.6. Фактори загроз

№	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренти	Наявність конкурентів котрі надають схожі рішення	Зменшення ціни на поставлену послугу; Розробка унікальних характеристик товару; Надання ліцензій на обслуговування
2	Вплив зовнішніх факторів на роботу камери та робочої кінцівки (вологість, температура, випромінювання)	Неможливість використання через умови виробництва.	Зміна виробничих умов або відмова від продукту

Таблиця 4.7. Фактори можливостей

№	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Новий продукт	Вихід на ринок, Зменшення монополії, Надання нових рішень у сфері	Розробка нової функціональності; Вихід нової продукції на ринок; Надання різноманітних типів ліцензій в залежності від потреб користувача \ замовника.
2	Вихід аналогу	Надати продукт з певними характеристиками та можливостями що відсутні у компаній конкурентів	Аналіз ринку та користувачів задля задоволення їх потреб та надання функціональності у найкоротші строки за ціну, котра є дешевшою ніж у продуктів-замінників.
3	Зворотній зв'язок від користувачів	Можливість отримання необхідної інформації для вдосконалення продукту	Наявність вхідних даних та реакція на них з боку команди розробників задля задоволення потреб та бажань кінцевих користувачів системи кешування даних.
4	Грошова винагорода за рекламу	При достатньому попиту на систему кешування даних можлива комерціалізація продукту на основі реклами задля отримання грошової винагороди для подальшого розвитку продукту та оплати заробітної плати працівникам	Точкова комерціалізація продукту; Введення реклами; Ведення додаткових коштів у проєкт задля його подальшого розвитку.

Таблиця 4.9. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	Тип конкуренції: монополістична	Товар від кожної компанії на ринку, являється недосконалим замінником товару,	Розробка продукту з характеристиками, які покривають сфери вживання що не покривають інші товари- замінники;

		реалізованого іншими фірмами; На ринку є умови для входу та виходу; Ціна корелює між суперниками;	Кореляція цін у відповідності до товарів замінників; Різні типи ліцензій.
2	Рівень конкурентної боротьби: світовий	Всі продукти замінники розроблялись інтернаціональними командами з різних куточків світу, продукти не належать до певної держави, а належать команді розробників	Вихід на ринок збуту продукту з клієнто-необхідною функціональністю; Налагодження маркетингу на основних Інтернет ресурсах задля охоплення великої кількості потенційних користувачів; Надання бета-версій продукту.
3	Галузева ознака: внутрішньогалузева	Даний тип продукту може використовуватися тільки у сфері розробки ІТ додатків \ продуктів	Надання зручного, інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу; Підтримка всім відомих методів взаємодії з середовищем розробки; Наявність документації та он-лайн підтримки.
4	Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Дана конкуренція – конкуренція між товарами одного виду.	Впровадження функціональності яка відсутня у товарів-замінників; Спрощення інтерфейсів; Надання підтримки.
5	Характер конкурентних переваг: цінова та не цінова	Цінові переваги – точкова комерціалізація; Не цінова – надання функціональності, що відсутня у товарах-замінниках.	Надання платних ліцензій лише на критично важливу функціональність для клієнта з певним строком підтримки, що зазначена у відповідній ліцензії; Впровадження унікальної функціональності.
6	За інтенсивністю: марочна	Наявність унікального знаку що відрізняє даний продукт від	Впровадження власної назви та власного знаку.

		продуктів-замінників	
--	--	----------------------	--

Таблиця 4.10. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Навести перелік прямих конкурентів	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори сили споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки	Визначити інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	- чи є можливості входу в ринок? - чи є потенційні конкуренти? Строки виходу їх на ринок?	Чи постачальники диктують умови роботи на ринку? Які?	Чи клієнти диктують умови роботи на ринку? Які?	Обмеження для роботи на ринку через товари замінники

Проаналізувавши можливості роботи на ринку з огляду на конкурентну ситуацію можна зробити висновок: оскільки кожний з існуючих продуктів не впливає у великій мірі на поточну ситуацію на ринку в цілому, кожний з існуючих продуктів має свою специфічну сферу використання та свої позитивні та негативні сторони щодо рішення певних типів задач, то робота та вихід на даний ринок є можливою і реалізованою задачею [23].

Для виходу на ринок продукт повинен мати функціонал що відсутній у продуктів-аналогів, повинен задовольняти потреби користувачів, мати необхідний та достатній функціонал з конфігурування, підтримку зі сторони розробників та можливість розробки спеціального функціоналу за відповідною ліцензією.

Таблиця 4.11. Обґрунтування факторів  
конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Економічний	Низька вартість впровадження та експлуатації.
2	Надійність	Система у режимі онлайн виявляє непередбачувані ситуації
3	Транспортабельність	Система знижує середню трудомісткість переміщення будь-якого ресурсу.
4	Ергономічний	Підвищує зручність маніпулювання об'єктами.

Таблиця 4.12. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін системи  
кешування мало змінних даних

№	Фактор конкурентоспроможності	Бал и 1- 20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з запропонованим						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Економічний	18						+	
2	Надійність	17						+	
3	Транспортабельність	18						+	
4	Ергономічний	19						+	

Таблиця 4.13. SWOT аналіз стартап-проєкту

<p>Сильні сторони (S):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Інноваційність</li> <li>– Наявність функцій, не доступних у аналогів</li> </ul>	<p>Слабкі сторони (W):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Вузконаправленість системи</li> <li>– Немає постійних каналів прибутку</li> <li>– Недолік практичних досліджень даної технології</li> </ul>
<p>Можливості (O):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Масштабованість</li> <li>– Використання у інших сферах</li> <li>– Інтеграція з існуючими системами</li> </ul>	<p>Загрози (T):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Можлива поява продуктівкокурентів</li> <li>– Відсутність фінансування</li> <li>– Створення принципово нових технологій транспортування на виробничих лініях</li> </ul>

Таблиця 4.14. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

№	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Вище середньою	1 рік
2	Реклама	Висока	1-2 місяці
3	Стратегія підсилення сильних сторін за рахунок ринкових	Висока	4 місяці
4	Стратегія компенсації слабких сторін наявними ринковими можливостями.	Середня	3 роки

#### 4.3 Розроблення ринкової стратегії проєкту

Таблиця 4.15. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Підприємства	висока	специфічний	помірна	легкий вхід
2	Системи маніпулювання об'єктами	висока	достатній	помірна	легкий вхід
3	Системи сортування	висока	достатній	помірна	високий бар'єр входу у галузь
4	Логістика	середня	специфічний	помірна	високий бар'єр входу у галузь
5	Бібліотеки та музеї	висока	достатній	помірна	легкий вхід

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
витратами	ексклюзивна стратегія охоплення ринку	особливо сильна; - вироблені в галузі товари відрізняються високим ступенем стандартизації, марки різних виробників практично ідентичні, і покупці не бачать великої різниці між ними, тому різниця в ціні для них істотна; - якщо витрати покупців на переключення з одного товару на інший відносно низькі, то це дозволяє їм вибирати товар з більш низькою ціною; - якщо зусилля значної частини покупців спрямовані на погодження ціни, то товари з низькими цінами будуть швидше реалізовуватися. Лідерство за витратами стосовно конкурентів є серйозною конкурентною перевагою. Але при цьому необхідно враховувати можливі ризики даної стратегії. 1. У випадку, якщо конкуренти почнуть використовувати нову технологію, що відкриє їм шлях до зниження витрат, то фірма-лідер може втратити свою перевагу, не одержавши	Стратегія диференціації

Таблиця 4.16 (завершення)



		<p>віддачі від попередніх інвестицій. 2. Конкуренти можуть скопіювати навички лідера за витратами, що може різко скоротити тривалість життя завойованої переваги</p> <p>3. Працюючи над проблемою зниження витрат, фірма може не помітити інші можливості, використання яких дозволило б їй вийти в лідери. 4. Зміна смаків і переваг покупців також може позбавити фірму придбаних переваг</p>	
--	--	---	--

Таблиця 4.17. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, які?	Стратегія конкурентної поведінки
Так	Так	Так, основною задачею проекту являється збереження клієнтів. Принцип дії лишається не змінний. Змінюються алгоритми оптимізації	Оборонна

Відповідно до проведеного аналізу можна зробити висновок, що стартап-компанія вибирає як базову стратегію розвитку – стратегію

диференціації, як базову стратегію конкурентної поведінки – стратегію заняття конкурентної ніші.

#### 4.4 Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту

Таблиця 4.19. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)

Таблиця 4.20. Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>		
I. Товар за задумом	Система з погляду користувача має перевагу перед іншими системами завдяки зручності використання, високій якості результатів, надійності та високій швидкодії. З боку розробника вона вигідна за рахунок використання сучасного енергоефективного обладнання та нових алгоритмів, які здатні повністю використати можливості такого обладнання, завдяки чому воно не буде простоювати.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Н м	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Серверне обладнання	М	Вр/Тх
	2. Мережева інфраструктура	М	Вр/Тх
	3. Алгоритми обробки даних	Нм	Тл
	4. Стійкість системи	М	Тх
	Якість забезпечується стандартами: ISO/IEC 30134-5:2017 ISO/IEC DIS 21836 ISO/IEC 21878:2018		
	Пакування відсутнє – продається лише сервіс		
	Марка: Easyarm1, Asurgeon		

III. Товар із підкріпленням	До продажу: створення системи обробки даних, можливість вибору алгоритмів для використання у процесі роботи
	Після продажу: служба підтримки, допомога у впровадженні
Захист товару виконується, насамперед, шляхом захисту алгоритмів, що використовуються у товарі (захист інтелектуальної власності, патентування)	

Таблиця 4.21. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів
	30 \$/год.	10 \$/год.	Понад 5 млн. \$

Таблиця 4.22. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту
	Клієнти схильні до використання сучасних технологій у своїх процесах	Доставка, встановлення	Глибина 0: продаж безпосереднім користувачам

Таблиця 4.23. Концепція маркетингових комунікацій

	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
--	---------------------------------------	--	--	----------------------------------	--------------------------------

№ п/ п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуютьс я цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонуван ня	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
--------------	--	--	---	--	--------------------------------------

Як результат було створено ринкову (маркетингову) програму, що включає в себе визначення ключових переваг концепції потенційного товару, опис моделі товару, визначення меж встановлення ціни, формування системи збуту та концепцію маркетингових комунікацій.

#### Висновки по розділу

В четвертому розділі описано стратегії та підходи з розроблення стартап-проєкту, визначено наявність попиту, динаміку та рентабельність роботи ринку, як висновок було вказано що існує можливість ринкової комерціалізації проєкту. Розглянувши потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможність проєкту було встановлено що проєкт є перспективним. Розглянуто та вибрано альтернативу впровадження стартап-проєкту та доведено доцільність подальшої імплементації проєкту.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської дисертації було розглянуто питання пов'язане з удосконаленням структури системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота. Обґрунтована важливість компенсації зображень з камер які використовують роботизовані системи для керування. Детально досліджено сучасні методи стабілізації фото і відеокамер. Це оптична, електромеханічна та цифрова стабілізації. Дослідженні недоліки використання цих методів для роботизованих систем.

На основі проаналізованих даних запропоновано комбіновану систему компенсації затримки зображення. Ця система дозволяє швидко і точно скоригувати зображення після його попередньої обробки для подальшої його участі у системі керування.

За допомогою засобів Matlab Simulink створено модель системи компенсації яка дозволяє перевірити ефективність роботи цієї системи. Результати симуляції показали що система успішно компенсує завади, але тільки при правильних характеристик компонентів системи. Також визначено реальні компоненти за допомогою яких можливо реалізувати цю систему.

Окремим розділом «Розроблення стартап-проекту» проведено аналіз економічної спроможності проекту до виходу на ринок як окремого продукту. Розглянуто слабкі та сильні сторони, фактори ризику, загроз та можливостей. Проаналізовано конкурентність на ринку та можливої рентабельності. За умови проведення рекламної кампанії за визначеною стратегією проект має бути економічно доцільним.

Поставлені цілі і задачі дисертації виконані.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Vishakha Patil, Kalyani Dighe, .Balika Landage. Automated Robot for Warehouse using Image Processing. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 2016. Vol. 5, P. 417–419.
2. Juan Carlos Alvarez , Diego Álvarez and Antonio M. López. Accelerometry-Based Distance Estimation for Ambulatory Human Motion Analysis. *Sensors*. 2018. Vol. 18, №4441 P. 1–20.
3. Borys Golik. Development of a Test Method for Image Stabilizing Systems. *Diploma Thesis: Department of Imaging Sciences and Media Technology Cologne University of Applied Sciences* 2006. P. 1–48.
4. Serial Camera Control Bus Functional Specification. *Application note.:* електронне джерело.
5. Рябкин Ю.В. Программная система визуализации частотновременных характеристик сигналов радиолокационных станций / Донбасс – 2020. Наука и техника – производству: Материалы 3-й научно-практической конференции. Г. Донецк, 30-31 мая 2006г. – Донецк, ДонНТУ Министерство образования и науки, 2006. – с. 13-14.
6. Зубарев Ю.Б., Витязев В.В., Дворкович В.П. Цифровая обработка сигналов – информатика реального времени, <http://www.dsps.ru/elmaterials/artic99-13.pdf>
7. Лукин А. Введение в цифровую обработку сигналов. – М.: Наука, 2002. – 44 с.
8. Said A., Pearlman W. A New Fast And Efficient Image Codec Based On Set Partitioning in Hierarchical Trees / / *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 1996. – Vol. 6. – P. 243-250.

9. What You Need to Know About MEMS Accelerometers for Condition Monitoring *Technical Article*.: электронне джерело.
- 10.B.Vijayalaxmi, Rohan Putta, Gayatri Shinde, Punit Lohani. Object detection using image processing for an industrial robot. *International Journal of Advanced Computational Engineering and Networking*. 2013. Vol.1, №7, P.21-26.
- 11.ST [Електроний ресурс] / STM32F427xx STM32F429xx. Режим доступу: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f427vg.pdf>
- 12.ST [Електроний ресурс] / IIS2DH. Режим доступу: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/iis2dh.pdf>
- 13.Analog devices [Електроний ресурс] / ADXL1004. Режим доступу: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/adxl1004.pdf>
14. Shapiro J. Embedded Image Coding Using Zerotrees Of Wavelet Coefficients // IEEE Transactions on Signal Processing, 1993. – Vol. 41, No. 12.
15. Antonini M., Barlaud M., Mathieu P., Daubechies I. Image Coding Using Wavelet transform // IEEE Transactions On Image Processing, 1992. – Vol. 1, № 2. – P. 205-220
16. Richard G. Lyons. Understanding Digital Signal Processing (3<sup>rd</sup> Edition). 2011. P.720-725
- 17.Guillermo Puchalt CasánsMiguel Alcañiz Fillol, Rafael Maso. ASSESSMENT OF DISTANCE MEASUREMENT USING A 3-AXIS DIGITAL ACCELEROMETER. *Master's Degree*. School of Design Engineering. 2012, 60p.

18. NXP [Электроний ресурс] /Implementing Positioning Algorithms Using Accelerometers. Режим доступа:  
<https://www.nxp.com/docs/en/application-note/AN3397.pdf>
19. Parasuram Harihara And Dara W. Childs. Solving Problems in Dynamics and Vibrations Using MATLAB. *Handout*. Dept of Mechanical Engineering Texas A & M University College Station.2010. 104p.
- 20.Sunghyun Cho, Seungyong Lee. Fast Motion Deblurring. *ACM*. 2009. P1-8.



## ДОДАТКИ

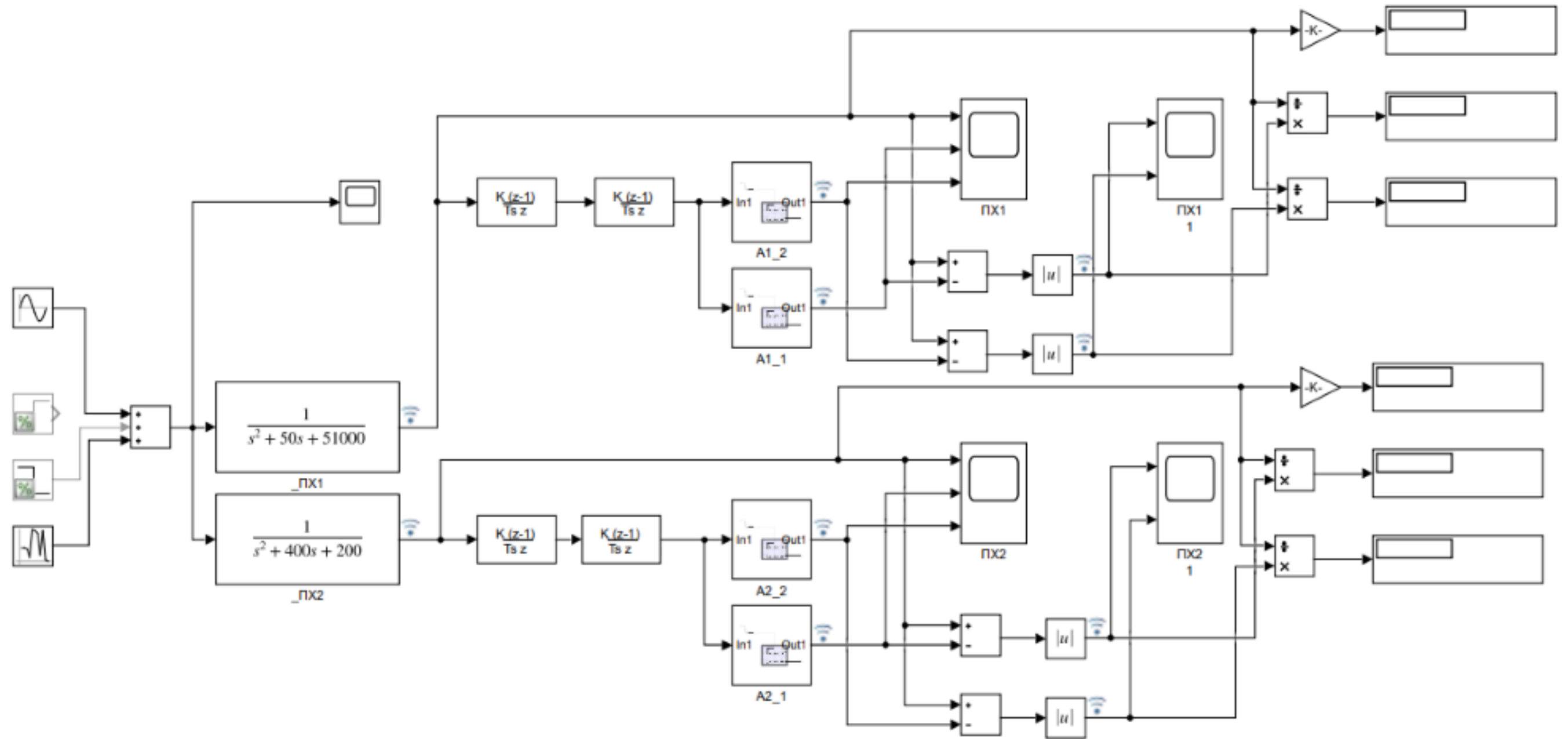
## ДОДАТОК А

Удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота

Загальна схема синтезованої системи

Аркушів 1

2020



Інв. № ориг.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

					ІК-91.02. 3132.001 ВЗ									
					Загальна схема синтезованої системи					Літ.		Маса	Мірило	
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата										
Розроб.		Боговіс А.В.												
Перев.		Пархомей І.Р.												
										Лист 1		Листів 1		
					Кафедра Технічної кібернетики					Група ІК-91мп				
Н.контр		Пасько В.П												
Затв.		Пархомей І.Р.												

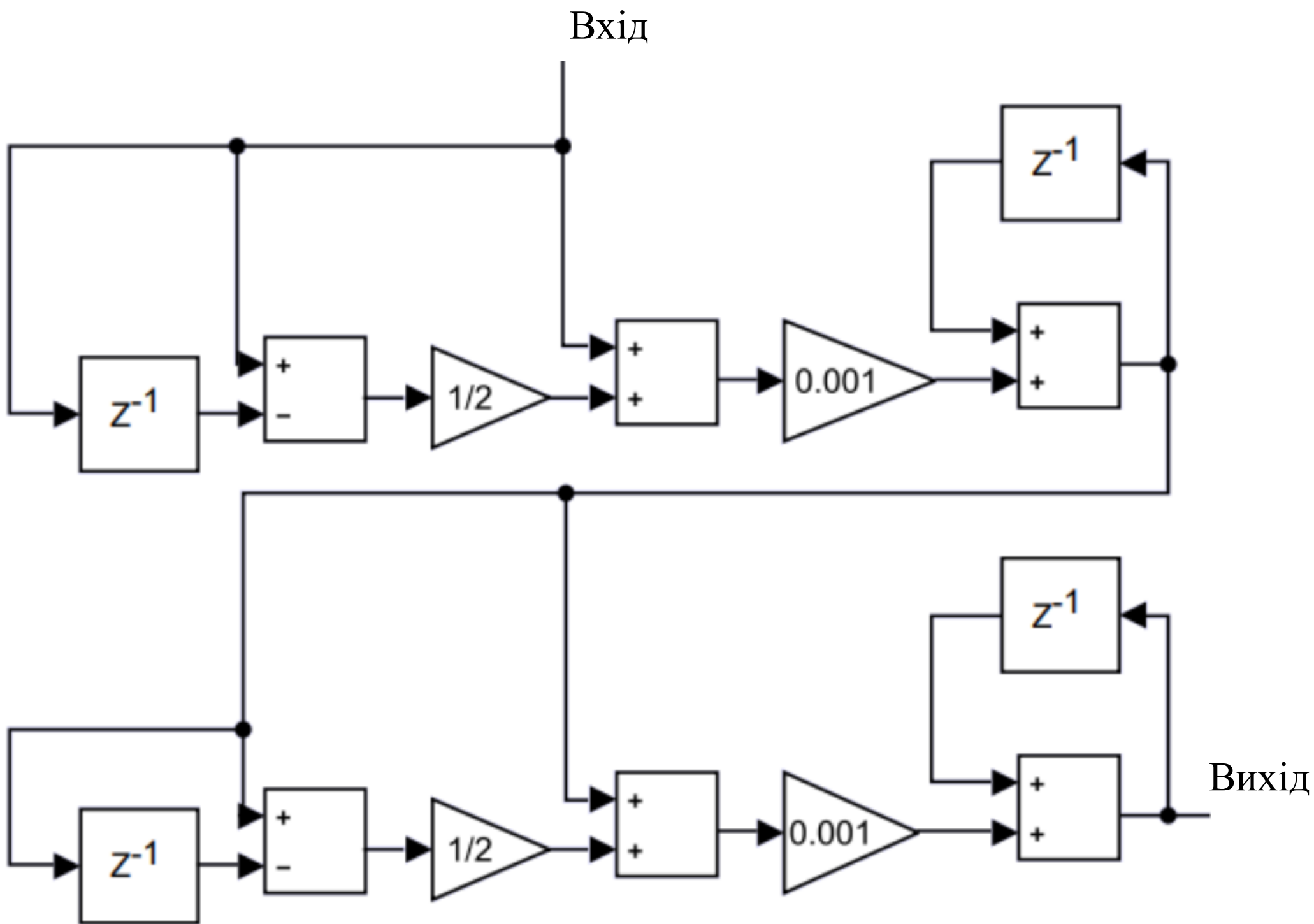
## ДОДАТОК Б

Удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота

Схема подвійного інтегратора з апроксиматором

Аркушів 1

2020



Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
Розроб.	Боговіс А.В.			
Перев.	Пархомей І.Р.			
Н.контр	Пасько В.П			
Затв.	Пархомей І.Р.			

IK-91.02. 3132.002 B3

Схема подвійного  
інтегратора з  
апроксиматором

Кафедра  
Технічної кібернетики

Літ.	Маса	Мірило
Лист	1	Листів 1

Група ІК-91мп

Інв. № ориг.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

## ДОДАТОК В

Удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота

Структурна схема системи з коригуючим пристроєм

Аркушів 1

2020



Інв. № дубл.	Підпис і дата
Взам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. № ориг.	

					ІК-91.02. 3132.003 ВЗ				
					Структурна схема системи з коригуючим пристроєм				
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					
Розроб.		Боговіс А.В.							
Перев.		Пархомей І.Р.							
					Кафедра Технічної кібернетики				
Н.контр		Пасько В.П							
Затв.		Пархомей І.Р.							
					Літ.		Маса	Мірило	
					Лист	1	Листів	1	
					Група ІК-91мп				

## ДОДАТОК Г

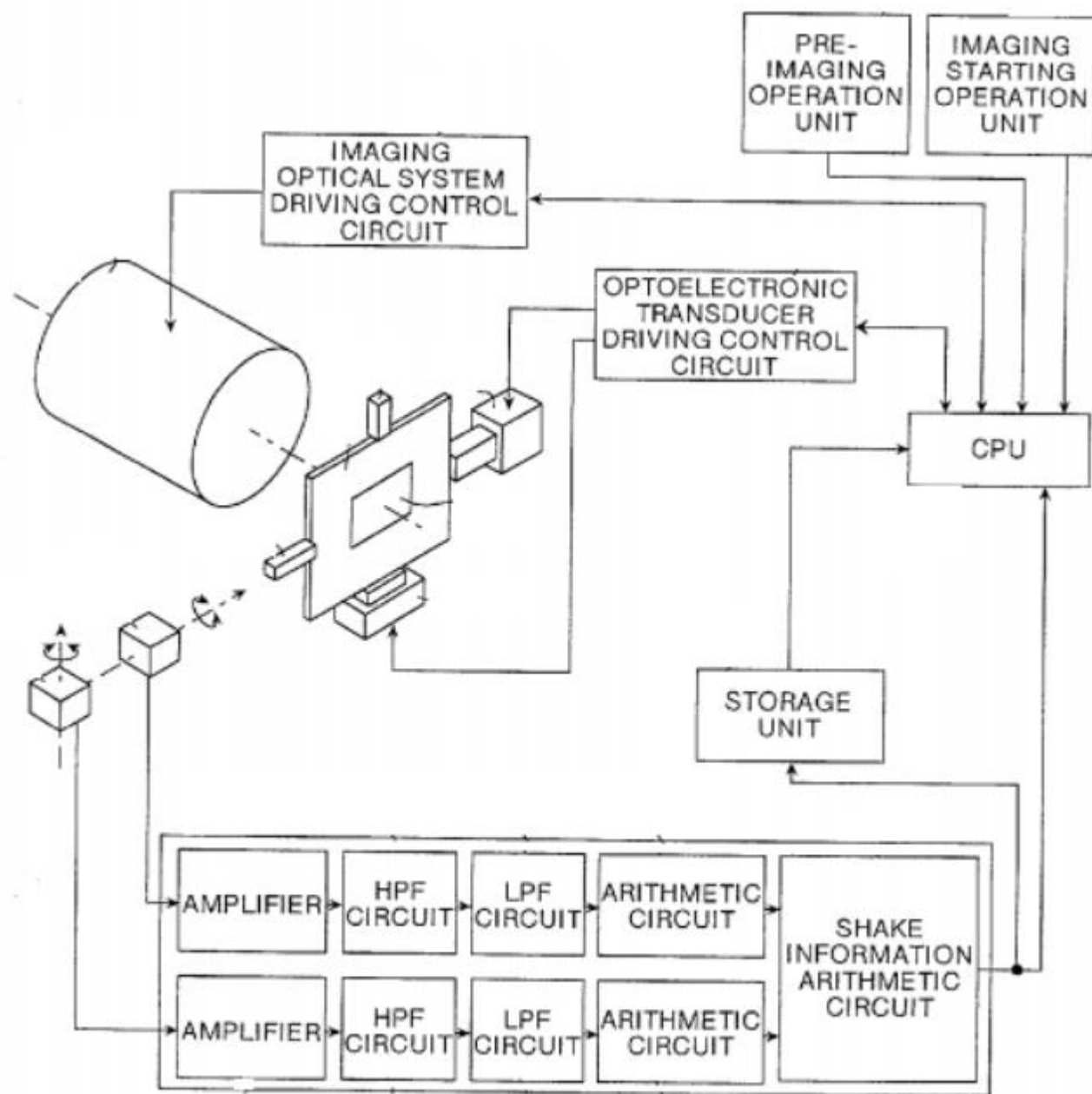
Удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота

Схема типового електромеханічного стабілізатора зображення

Аркушів 1

2020





IK-91.02. 3132.004 B3

Схема типового  
електромеханічного  
стабілізатора зображення

Літ.	Маса	Мірило
Лист 1	Листів 1	

Кафедра  
Технічної кібернетики

Група ІК-91мп

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата
Розроб.		Боговіс А.В.		
Перев.		Пархомей І.Р.		
Н.контр		Пасько В.П		
Затв.		Пархомей І.Р.		

Підпис і дата

Інв. № дубл.

Взам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ориг.

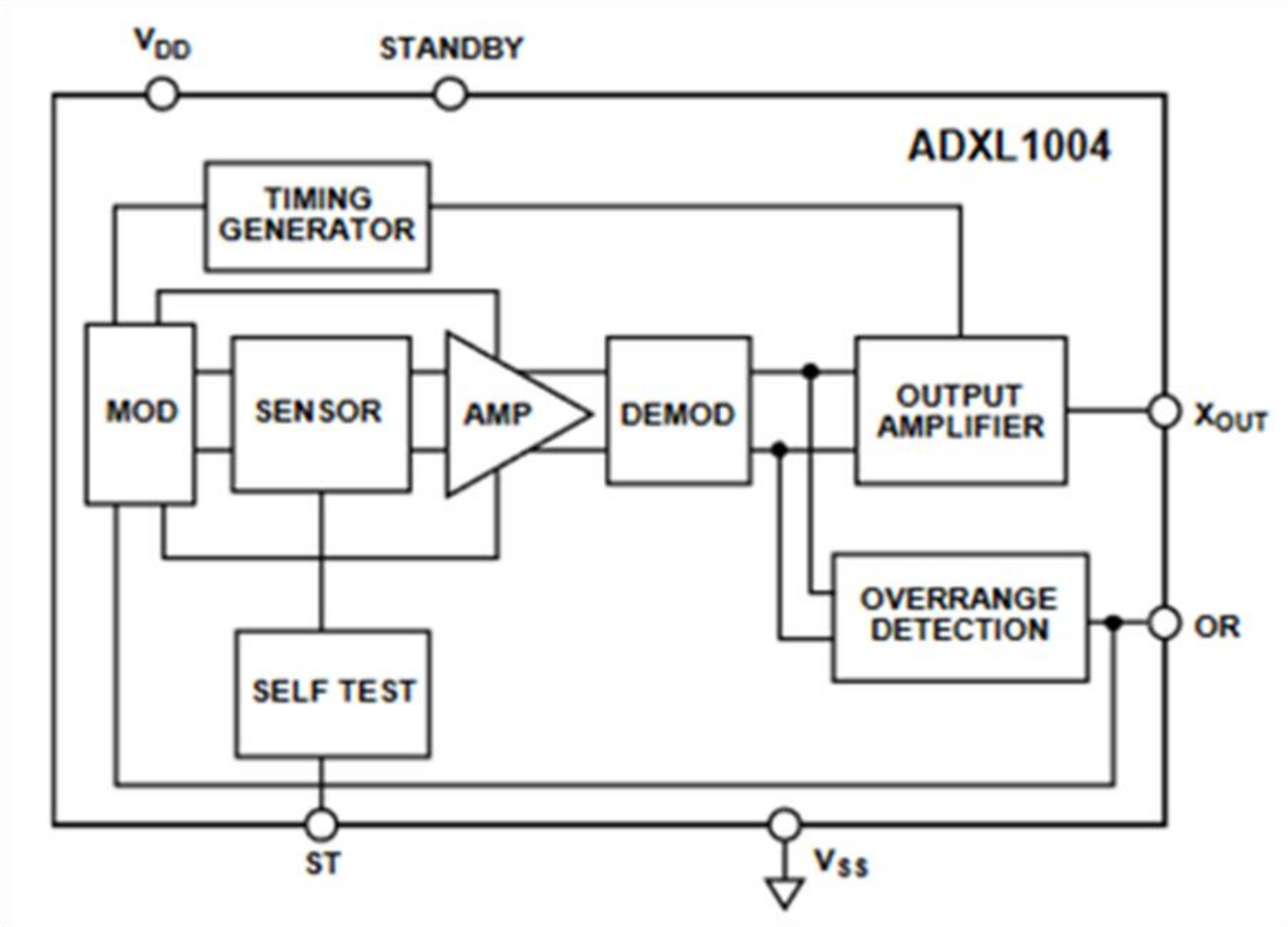
## ДОДАТОК Д

Удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота

Приципова схема роботи акселерометра

Аркушів 1

2020



Інв. № ориг.	Підпис і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Підпис і дата

					ІК-91.02. 3132.005 В3								
					Приципова схема роботи акселерометра				Літ.		Маса	Мірило	
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата									
	Розроб.	Боговіс А.В.											
	Перев.	Пархомей І.Р.											
									Лист 1		Листів 1		
									Група ІК-91мп				
	Н.контр	Пасько В.П			Кафедра Технічної кібернетики								
	Затв.	Пархомей І.Р.											

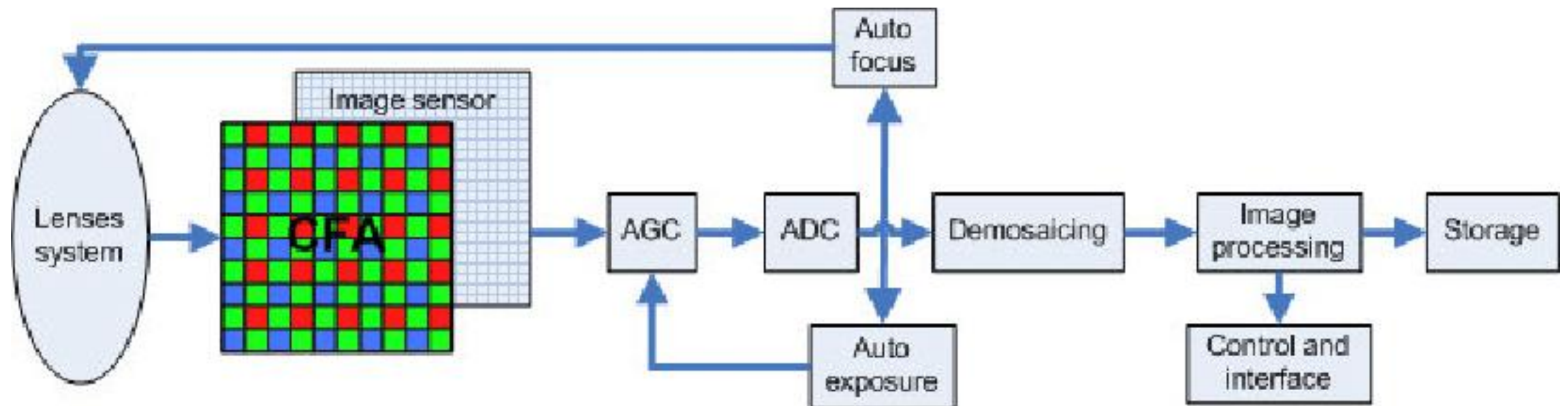
## ДОДАТОК Е

Удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота

Схема роботи фоточутливої камери

Аркушів 1

2020



					ІК-91.02. 3132.006 ВЗ						
					Схема роботи фоточутливої камери	Літ.			Маса	Мірило	
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата							
Розроб.	Боговіс А.В.										
Перев.	Пархомей І.Р.										
					Кафедра Технічної кібернетики	Лист 1		Листів 1		Група ІК-91мп	
Н.контр	Пасько В.П										
Затв.	Пархомей І.Р.										

## ДОДАТОК Є

Удосконалення системи компенсації флуктуацій вхідного сигналу робота

Перевірка на співпадіння

Аркушів 1

2020

1